



Д. В. Демидов

ИЗЫСКАНИЯ МОСТОВЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ (МЕТОДИКА, ИНСТРУМЕНТЫ И СРЕДСТВА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ)



Екатеринбург
2020

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)**

Инженерно-технический институт

Кафедра автомобильного транспорта и транспортной инфраструктуры

Д. В. Демидов

**ИЗЫСКАНИЯ
МОСТОВЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ
(МЕТОДИКА, ИНСТРУМЕНТЫ
И СРЕДСТВА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ)**

**Методические указания
для проведения занятий семинарского типа,
организации самостоятельной работы, выполнения курсовой
и выпускной квалификационной работ обучающихся всех форм обучения
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»,
(направленность (профиль) – «Автодорожные мосты и тоннели»),
дисциплины «Основы изысканий мостовых и тоннельных переходов»
и «Изыскания мостовых и тоннельных переходов (методика,
инструменты и средства их выполнения)»**

**Екатеринбург
2020**

Печатаются по рекомендации методической комиссии Автомобильно-транспортного института.

Протокол № 1 от 30 октября 2019 г.

Автор: канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильного транспорта и транспортной инфраструктуры – Д. В. Демидов

Дизайн обложки выполнен Д. В. Демидовым

При оформлении обложки издания использовано фотоизображение (URL: https://regnum.ru/uploads/pictures/news/2020/03/19/regnum_picture_1584625222150028_normal.jpg)

Рецензент – директор Муниципального казенного учреждения «Городское благоустройство» г. Екатеринбурга А. В. Козлов

Редактор Н. В. Рощина

Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

Подписано в печать		Поз. 39
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 3,35	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для проведения занятий семинарского типа, организации самостоятельной работы, выполнения курсовой и выпускной квалификационной работ обучающихся всех форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (направленность (профиль) – «Автомобильные мосты и тоннели»).

Изучаемые дисциплины – «Основы изысканий мостовых и тоннельных переходов» и «Изыскания мостовых и тоннельных переходов (методика, инструменты и средства их выполнения)».

Методические указания составлены на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации от 31 мая 2017 г. № 481;

- рабочих программ дисциплин «Основы изысканий мостовых и тоннельных переходов» и «Изыскания мостовых и тоннельных переходов (методика, инструменты и средства их выполнения)»;

- стандартов УГЛТУ СТБ 1.3.0.0-00-15 «Учебное издание. Основные положения» и СТБ 1.3.1.0-00-2015 «Учебная документация. Учебные издания. Учебно-методическое пособие. Основные положения».

Необходимость издания вызвана отсутствием систематически подобранного издания по дисциплинам и требованием организации самостоятельной работы обучающихся при выполнении курсовой работы.

В комплекс сооружений мостового перехода обычно входят: *мост*, пересекающий собственно водоток; *подходы* к нему – пойменные земляные насыпи, периодически подтопляемые в половодье и в паводки; *регуляционные и укрепительные сооружения*, предохраняющие мост и подходы к нему от разрушающего воздействия водного потока.

Мостовой переход через водоток должен обеспечивать *безопасный пропуск высоких вод, ледохода и плавующих предметов (карчей и т. п.) при расчетных гидрологических условиях* в течение срока службы перехода (п. 4 ПМП-91 [6]). Кроме того, мостовой переход на водных путях должен обеспечивать выполнение требований судоходства и лесосплава (п. 5.1 СП 35.13330.2011 [12]). При этом «основные технические решения, принимаемые при проектировании, должны быть аргументировано обоснованы» (п. 4.5 ГОСТ 33384-2015 [5]).

Детализация причин нарушения водопрпускной способности мостовых переходов приведена в табл. 14.2 ПМП-91 (табл. 1, откорректировано). Включены объективные причины, вызванные несовершенством расчетов и непреднамеренно неправильно принятыми решениями.

Грубые промахи, халатность, нарушение норм и прочие действия не рассматриваются.

Таблица 1

**Ошибки и воздействия, допущенные при проектировании
и строительстве мостовых переходов, приводящие
к нарушению их водопропускной способности**

Наименование ошибок или воздействий	Причины возникновения	Воздействие потока и виды нарушений водопропускной способности мостовых переходов
1	2	3
1. Ошибки, допущенные при проектировании мостовых переходов		
1.1. Неправильно определен расчетный расход воды	Короткий (нерепрезентативный) ряд наблюдений за расходами или уровнями	Повышенные деформации у опор мостов и струенаправляющих дамб; подтопление пролетных строений и подходов
1.2. Неправильно определен расчетный уровень воды	Недоучет ледовых явлений	Подтопление пролетных строений
1.3. Предусмотрено недостаточное заложение фундаментов опор	А. Неправильно определены гидрологические условия (см. п. 1). Б. Сосредоточенные размывы, вызванные: неправильной регуляцией пойменного потока (малы плановые размеры струенаправляющих дамб); недостаточное отверстие моста (при коэффициенте стеснения потока более двух может меняться направленность руслового процесса); естественный русловой процесс (неблагоприятное положение наносных скоплений в подмостовом сечении). В. Завышение отверстия моста при меандрирующих руслах (большая косина потока, обтекающего опору при низких уровнях)	Недопустимые русловые деформации у опор
1.4. Недостаточное укрепление подошвы струенаправляющих дамб, конусов и подходных насыпей	Недоучет интенсивности русловых процессов в свободных и зарегулированных руслах	Подмыв оснований сооружений
2. Ошибки, допущенные при строительстве мостовых переходов		
Нарушения в технологии возведения переходов	А. Не расчищена пойменная часть отверстия. Б. Значительная часть русла для возведения промежуточных опор перекрыта островками или дамбами	Сосредоточенные размывы в русле
	В. Устройство карьера в русле выше или ниже мостового перехода с объемом разрабатываемого грунта, не восстанавливаемого рекой за 1...2 года	Понижение отметок дна русла под мостом
	Г. Не разобрано шпунтовое ограждение после возведения промежуточных опор	Подмыв шпунта при глубине воронки больше расчетной для опоры

Окончание табл. 1

1	2	3
3. Антропогенные воздействия (связаны с деятельностью человека)		
Недоучет антропогенных воздействий	А. Вырубка лесов в водосборном бассейне	Увеличение пикового расхода в паводки (при том же объеме стока)
	Б. Устройство гидротехнических сооружений выше по течению и устройство карьеров в русле выше или ниже мостового перехода	Понижение отметок дна русла под мостом из-за нарушения режима наносов
	В. Разрушение некапитальных плотин	Увеличение расхода воды в отверстии
	Г. Склоновая эрозия	Перелив через насыпь или сосредоточенные размывы из-за отложения наносных скоплений под мостами (особенно малыми)

Согласно п. 4.1 ГОСТ 33384-2015: «Разработку проектов строительства и реконструкции мостовых сооружений следует производить на основе результатов детального предпроектного обследования сооружения и инженерных изысканий ...» [5].

Основной задачей инженерных изысканий является определение места расположения мостового перехода через водную преграду.

При проектировании мостовых переходов необходимо выполнять комплекс сложных и трудоемких гидрологических, морфометрических, гидравлических и русловых расчетов [2, 4–12, 14, 15, 17–19, 22, 23].

Гидрологические расчеты – определение расходов воды и соответствующих им уровней воды расчетной вероятности превышения, которая нормируется в зависимости от типа искусственного сооружения и категории дороги. Ежегодные колебания расходов и уровней воды на водотоках подчиняются закону больших чисел, поэтому при расчетах используются положения теории вероятности и математической статистики.

Морфометрические расчеты – определение скоростей течения и расходов с использованием уравнения равномерного течения по известным морфологическим и геометрическим характеристикам сечения долины. Морфометрический расчет необходим прежде всего, для оценки распределения расчетного расхода между элементами живого сечения долины (руслом и поймами).

Прогноз природных деформаций русел – определение опасных для мостового перехода бытовых деформаций русел (по глубине и в плане). Деформации обязательно учитывают при определении размеров отверстий мостов, разбивке мостов на пролеты, фундирования опор, а также при решении системы регулирования. Например, согласно п. 4.15 ГОСТ 26775-97 расположение и количество судоходных пролетов должны быть выбраны на основе прогноза возможных русловых переформирований [1].

Расчет уширения подмостовых русел (срезок) – определение таких наибольших размеров срезок, при которых еще не происходит их заиливания в течение десятилетий. Отверстия мостов назначают как правило по допустимым глубинам уширенного подмостового русла.

При назначении глубин фундирования опор мостов и их конструкции прогнозируют те наибольшие глубины *общего размыва*, которые могут сформироваться в один из наиболее напряженных периодов работы мостовых переходов. Глубины *местных размывов* у передних границ опор вычисляют по эмпирическим либо теоретико-эмпирическим формулам и учитывают при проектировании опор.

В методических указаниях представлена последовательность выполнения курсовой работы на тему «Изыскания мостового перехода на автомобильной дороге: гидравлический и русловый расчеты, расчет отверстия моста, определение общего и местного размыва». Методика выполнения курсовой работы может быть применена в дипломном проектировании.

Термины их определения и сокращения приведены в прил. 1 и 2.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Нормативные документы, определяющие положения и требования для изысканий и проектирования автодорожных мостовых сооружений

Основными нормативными документами, определяющими требования для проектирования автодорожных мостовых сооружений, являются ГОСТ 33384-2015 [5], СП 33-101-2003 [10] и СП 35.13330.2011 [12].

Принята следующая классификация мостов по длине сооружения: малые мосты – длиной до 25 м включительно, средние мосты – длиной свыше 25 м до 100 м включительно, большие мосты – длиной свыше 100 м. Автодорожные, в том числе городские, мосты длиной менее 100 м, но пролетами свыше 60 м также относятся к большим мостам (ГОСТ 33178-2014 [3], п. 3.2 ГОСТ 33384-2015, п. 5.7 СП 35.13330.2011).

Свод правил СП 33-101-2003 устанавливает общие положения и требования к организации и порядку проведения инженерных гидрологических расчетов по определению гидрологических характеристик для обоснования проектирования новых, расширения, реконструкции действующих сооружений для всех видов строительства и инженерной защиты территорий. Положения СП 33-101-2003 не распространяются на определение расчетных гидрологических характеристик при изысканиях и проектировании объектов, расположенных на участках рек, находящихся в зоне влияния морских приливов, а также на селеопасных реках.

В табл. 2 приведена область применения ГОСТ 33384-2015, СП 33-101-2003 и СП 35.13330.2011 для изысканий и проектирования мостов.

Таблица 2

Область применения нормативных документов
для изысканий и проектирования автодорожных мостов

№ п/п	Наименование	ГОСТ 33384- 2015 (п. 1)	СП 33- 101-2003 (п. 1)	СП 35.13330.2011 (п. 1)
1. Положения распространяются ... (по виду дорожной деятельности)				
1.1	Проектирование новых и реконструкция постоянных мостов	+	+	+
1.2	Капитальный ремонт постоянных мостов	Не уточ- нено	+	+
1.3	Проектирование механизмов разводных пролетов мостов	—	Не уточ- нено	—
1.4	Проектирование галерей	—	+	—
1.5	Проектирование конструкций для пропуска селей (селедуки)	—	+	—
1.6	Проектирование служебных эстакад	—	Не уточ- нено	—
1.7	Проектирование коммуникационных мостов, не предназначенных для пропуска транспортных средств и пешеходов	—		—
2. Положения распространяются ... (по виду сооружения)				
2.1	Мосты, предназначенные для эксплуатации в любых климатических условиях и в районах с расчетной сейсмичностью до 9 баллов включительно	+	Не уточ- нено	Не уточнено
2.2	Мосты на автомобильных дорогах общего пользования	+	+	+
2.3	Мосты при прохождении автомобильных дорог общего пользования по территории населенных пунктов	+	+	+
2.4	Мосты на улицах и дорогах населенных пунктов	—	+	+
2.5	Мосты на дорогах под совмещенное движение транспортных средств - автомобильных и поездов железных дорог, трамваев и метрополитена	Не уточ- нено	+	+
2.6	Мосты пешеходные	+	+	+
2.7	Мосты на автомобильных дорогах лесозаготовительных и лесохозяйственных организаций, не выходящих на сеть дорог общего пользования и к водным путям	—	+	—
2.8	Мосты на внутрихозяйственных дорогах сельскохозяйственных и промышленных предприятий	—	+	+
2.9	Мосты, расположенные на участках рек, находящихся в зоне влияния морских приливов	Не уточ- нено	—	Не уточнено
2.10	Мосты, расположенные на селеопасных реках	+	—	+

1.2. Выбор места расположения мостового перехода

Согласно п. 5.1 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.5 СП 35.13330.2011 выбор места перехода, назначение положения моста в плане и продольном профиле, разбивку мостов на пролеты следует производить с учетом требований трассирования дороги, принятых градостроительно-планировочных решений, русловых, гидрологических, геологических, гидрогеологических, экологических, ландшафтных и других местных условий.

Число и размеры мостов на пересечении водотока следует определять на основе результатов инженерных изысканий, гидрологических и гидравлических расчетов, при этом мосты следует располагать так, чтобы вызванное их строительством и эксплуатацией изменение гидрологических условий не нарушало хозяйственных интересов местного населения, промышленных и других предприятий и организаций, а также не вызывало необратимых нарушений экологической среды в районе расположения моста. Пропуск вод нескольких водотоков через отверстие моста должен быть обоснован, а при наличии вечномерзлых грунтов, селевого стока, лессовых грунтов и возможности образования наледи – не допускается (п. 5.3 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.6 СП 35.13330.2011).

При выборе места мостового перехода *через судоходные реки* следует учитывать требования п. 4.14 ГОСТ 26775-97 [1], п. 5.2 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.5 СП 35.13330.2011:

- мостовые переходы располагать перпендикулярно течению воды (с косиной не более 10°) на прямолинейных участках с устойчивым руслом¹, в местах с неширокой малозатопляемой поймой, удаленных от перекатов на расстояние не менее 1,5 длины расчетного судового или плотового состава²;

- середину судоходных пролетов совмещать с осью соответствующего судового хода, учитывая возможные русловые переформирования и смещения за расчетный период службы моста;

- обеспечивать взаимопараллельность оси судового хода, направления течения воды и плоскостей опор, обращенных в сторону судоходных пролетов; не допускать отклонения между направлениями судового хода и течения реки более 10° ;

- не допускать увеличения скорости течения воды в русле при расчетном судоходном уровне, вызванного строительством мостового перехода, свыше 20 % при скорости течения воды в естественных условиях до

¹ Русло реки должно быть устойчивым, позволяющим удерживать судовый ход без перемещений его по ширине реки и не допускающим изменения глубин, влияющих на судоходство (п. 4.14 а ГОСТ 26775-97).

² Длина прямолинейного участка, а также расстояние от моста до перекатов должны быть как правило с верховой стороны не менее трех, а с низовой стороны – не менее полутора длин расчетного судового (плотового) состава (п. 4.14 б ГОСТ 26775-97).

2 м/с и 10 % – при скорости свыше 2,4 м/с (при скорости течения воды в естественных условиях от 2,0 до 2,4 м/с процент допускаемого увеличения средней скорости следует определять по интерполяции).

Имеют место дополнительные требования:

- глубина в судоходных пролетах мостов по всей ширине подмостового габарита B , а также на расстоянии от мостового перехода, указанном в 4.146 ГОСТ 26775-97, должна быть не менее гарантированной глубины судового хода на расчетную перспективу d (п. 4.142 ГОСТ 26775-97);

- поперечное сечение опор моста в пределах затопления до отметки уровня воды (с учетом влияния подпора и волны) при максимальном расходе наибольшего паводка как правило предусматривать обтекаемым (п. 5.5 СП 35.13330.2011).

Трассу мостового перехода *через несудоходные реки* следует назначать с учетом требований пп. 2 п. 1.1 раздела А главы 1 ПМП-91 [6]:

- а) участок русла реки в месте перехода должен быть по возможности прямолинейным или представлять собой плавную излучину; на участке перехода направления течений в русле и на пойме должны быть параллельными и мало изменяться с изменением уровня воды;

- б) мостовой переход следует располагать нормально к направлению пойменного и руслового потоков при расчетном расходе воды; если направления пойменного и руслового потока не параллельны, переход следует располагать нормально к среднему направлению более мощного из потоков;

- в) переход необходимо располагать на участке рек с наиболее узкими поймами, расположенными на высоких отметках, незаболоченными, без озер, проток и староречий;

- г) не следует располагать переход на перекатном участке реки, в местах образования заторов, зажоров льда, наледей или заломов леса при молемом сплаве, а также в местах, где река имеет рукава и острова;

- д) во избежание отложения наносов под мостом не рекомендуется располагать переход непосредственно ниже устья притока;

- е) расположение перехода вблизи гидротехнических сооружений, крупных водозаборных сооружений, трубопроводов и т.п. приводит обычно к удорожанию перехода.

По инженерно-геологическим условиям следует отдавать предпочтение варианту перехода, где коренные породы располагаются на более высоких отметках. Не рекомендуется располагать сооружения мостового перехода на участках рек, имеющих карстовые явления или сложенных гипсом и другими выщелачивающимися породами.

Следует избегать расположения подходов к мосту на берегах, подверженных оползням или имеющих «мокрые» косогоры, на заболоченных поймах, пересечениях пойменных озер, проток и староречий (пп. 3 п. 1.1 раздела А главы 1 ПМП-91).

1.3. Расчет и проектирование мостов на воздействие водного потока

Требованиями п. 6.1 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.25 СП 35.13330.2011 предусмотрено, что расчет мостов и пойменных насыпей на воздействие водного потока следует производить как правило по гидрографам и водомерным графикам расчетных паводков.

При отсутствии гидрографов и водомерных графиков паводков, а также в других обоснованных случаях расчет мостов на воздействие водного потока допускается производить по максимальным расходам и соответствующим им уровням расчетных и наибольших паводков.

Вероятности превышения расчетных паводков следует принимать в соответствии с указанными в табл. 3, 4 вероятностями превышения максимальных расходов соответствующих паводков (п. 6.1 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.25 СП 35.13330.2011).

Таблица 3

Вероятность превышения максимальных расходов паводков
(Табл. 3, п. 6.1 ГОСТ 33384-2015)

Сооружения	Вероятность превышения максимальных расходов паводков (%) для категории дороги				
	IA, IB, IB	II	III	IV	V и ниже
Мосты средние и большие	1	1	1	2	2
Мосты малые	1	2	2	3	3

Таблица 4

Вероятность превышения максимальных расходов паводков
(Табл. 5.3, п. 5.25 СП 35.13330.2011, выдержка)

Сооружения	Категория дороги (автомобильные дороги, городские улицы и дороги)	Вероятность превышения максимальных расходов паводков, %
Мосты средние и большие	I-III, городские улицы и дороги	1***
	IV	2***
Мосты малые	I	1****
	II, III, городские дороги	2****
	IV	3****

*** В районах с малоразвитой сетью автомобильных дорог для сооружений, имеющих особо важное народнохозяйственное значение, при технико-экономическом обосновании вероятность превышения допускается принимать 0,33 вместо 1 % и 1 вместо 2 %.

**** В районах с развитой сетью автомобильных дорог для автодорожных малых мостов при технико-экономическом обосновании вероятность превышения допускается принимать 2 вместо 1 %, 3 вместо 2 %, 5 вместо 3 %.

Примечания: 1. Степень развития сети автомобильных дорог в районе строительства и народнохозяйственное значение проектируемых сооружений устанавливаются в техническом задании. 2. Классификация дорог вне населенных пунктов принята по СП 34.13330 [11], классификация улиц и дорог в населенных пунктах – по СП 42.13330 [13].

Уточняем (п. 6.1 ГОСТ 33384-2015, п. 5.25 СП 35.13330.2011):

– в расчетах следует учитывать опыт водопропускной работы близко расположенных сооружений на том же водотоке, влияние водопропускных сооружений одного на другое, а также влияние на проектируемый мост существующих или намечаемых к строительству гидротехнических и других речных сооружений;

– при наличии вблизи мостов инженерных сооружений, зданий и сельскохозяйственных угодий должна обеспечиваться безопасность их от подтопления из-за подпора воды перед мостом;

– при проектировании мостов, расположенных вблизи некапитальных плотин, необходимо учитывать возможность прорыва этих плотин; вопрос об усилении таких плотин или увеличении отверстий мостов необходимо решать комплексно путем сравнения технико-экономических показателей возможных вариантов;

– в случае расположения мостов ниже капитальных плотин следует учитывать понижение дна в нижнем бьефе плотин вследствие задержки руслоформирующих наносов и поступления к мосту осветленного потока.

1.4. Габариты подмостовых судоходных пролетов на внутренних водных путях

Габариты подмостовых судоходных пролетов на внутренних водных путях согласно п. 8.1.3 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.22 СП 35.13330.2011 следует принимать в соответствии с ГОСТ 26775-97 в зависимости от класса водного пути (участка) (табл. 5).

Таблица 5

Основные характеристики водных путей и подмостовые габариты судоходных пролетов мостов³

Класс водного пути (участка)	Глубина судового хода на перспективу, м		Ширина подмостового габарита судового хода для неразводного пролета моста B^4 , не менее, м	Высота подмостового габарита судового хода h_c , не менее, м
	гарантированная	средненавигационная		
1 – сверхмагистральные	Св. 3,2	Св. 3,4	140	17,0
2 – сверхмагистральные	Св. 2,5 до 3,2	Св. 2,9 до 3,4	140	15,0
3 – магистральные	Св. 1,9 до 2,5	Св. 2,3 до 2,9	120	13,5
4 – магистральные	Св. 1,5 до 1,9	Св. 1,7 до 2,3	120	12,0
5 – местного значения	Св. 1,1 до 1,5	Св. 1,3 до 1,7	100/60	10,5
6 – местного значения	Св. 0,7 до 1,1	Св. 0,9 до 1,3	60/40	9,5
7 – местного значения	0,7 и менее	От 0,6 до 0,9	40/30	7,0

³ Табл. 1 для п. 4.3 и табл. 2 для п. 4.4 ГОСТ 26775-97 (выдержка).

⁴ В знаменателе приведена ширина для второго и последующих судоходных пролетов.

При строительстве мостов под второй путь или дополнительные полосы движения автотранспорта (при расширении существующих мостовых переходов) подмостовые габариты следует принимать на основании технико-экономических расчетов с учетом подмостовых габаритов существующих мостов.

Очертание подмостового габарита должно быть прямоугольным (контур $ABCD$, рис. 1). На участках водных путей 1–4-го классов для неразводных пролетов мостов с криволинейным очертанием нижнего пояса пролетных строений, располагаемых в стесненных условиях (в пределах городов и подходов к ним, вблизи транспортных узлов, на автомобильных дорогах со сложными развязками на берегах и в других обоснованных случаях), допускается принимать очертание подмостового габарита по контуру $AEFKLDA$.

При этом высоту h_l и ширину B_l устанавливают по согласованию с органами, регулирующими судоходство, но не менее, соответственно, $0,7h$ и $0,7B$ (п. 4.5 ГОСТ 26775-97).



Рис. 1. Подмостовой габарит неразводного судоходного пролета моста (положение навигационных знаков условно не показано, рис.1 для п. 4.4 ГОСТ 26775-97):

$ABCD$ и $AEFKLDA$ — контуры подмостового габарита; PCY — расчетный высокий судоходный уровень воды; $ПУ$ — проектный уровень воды; H — общая высота подмостового габарита; h — высота подмостового габарита над PCY ; B — ширина подмостового габарита; d — гарантированная глубина судового хода на перспективу; a — амплитуда колебаний уровней воды между PCY и $ПУ$

Согласно п. 4.9 ГОСТ 26775-97 неразводные мосты должны иметь как правило не менее двух судоходных пролетов: отдельно для движения плавающих средств вниз по течению (от истока к устью) и вверх (против течения). Если в рассматриваемом створе ширина водного пути с гарантированными глубинами недостаточна для размещения двух судоходных пролетов, допускается предусматривать один судоходный пролет.

При этом снижение под ним ширины подмостового габарита, указанное в п. 4.6 ГОСТ 26775-97, не допускается.

Ширина подмостового габарита B может быть принята менее указанной в табл. 5, если пролет моста полностью перекрывает суммарную ширину водного пути с береговыми полосами отвода с обеих сторон, находящимися в ведении органов речного транспорта (п. 4.7 ГОСТ 26775-97).

Согласно п. 5.1 ГОСТ 26775-97.15 5.1 при расположении мостовых переходов на городских и автодорожных магистралях в условиях, отличающихся от указанных в 4.14а, б (русло реки неустойчиво, участок реки непрямолинейный с недостаточным удалением от перекатов, со значительно затопляемой поймой), должны быть предусмотрены соответствующие меры, обеспечивающие необходимые условия судоходства (изменение схемы моста, устройство выправительных сооружений, спрямление русла, укрепление берегов и др.).

1.5. Определение размеров отверстий автодорожных мостов

Согласно п. 6.3 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.27 СП 35.13330.2011 размеры отверстий *малых мостов*, укрепление подмостовых русел и конусов допускается определять по средним скоростям течения воды, допустимым для грунта русла (в том числе на входе и выходе из сооружения), типов его укрепления и укрепления конусов.

Согласно п. 6.4 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.27 СП 35.13330.2011 размер отверстия малых мостов допускается назначать с учетом аккумуляции воды у сооружения. Уменьшение расходов воды в сооружениях вследствие учета аккумуляции возможно не более чем: в 3 раза, если размеры отверстия назначают по ливневому стоку; в 2 раза, если размеры отверстия назначают по снеговому стоку и отсутствуют ледовые и другие явления, уменьшающие размеры отверстия. При этом независимо от вида расчетного стока для малых мостов должны выполняться указания, содержащиеся в п. 5.23 СП 35.13330.2011⁵ (п. 5.27 СП 35.13330.2011).

При проектировании пруда аккумуляции следует учитывать: возможность прохода расчетного паводка по частично или полностью затопленному пруду предыдущими дождями; возможность перелива подпорных и паводковых вод из одного бассейна в другой; возможность затопления лесных и других ценных угодий, территорий заповедников и населенных пунктов; подпор сооружения водами другого водотока или водохранилища (п. 6.4 ГОСТ 33384-2015).

При наличии вечномерзлых грунтов аккумуляция воды у сооружений не допускается (п. 6.4 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.27 СП 35.13330.2011).

⁵ Положение элементов моста над уровнями воды и ледохода, расстояние между промежуточными опорами в свету.

Согласно п. 6.4 ГОСТ 33384-2015 и 5.28 СП 35.13330.2011 размеры отверстий *больших и средних мостов* следует определять с учетом подпора, естественной деформации русла, устойчивого уширения подмостового русла (срезки), общего и местного размывов у опор, конусов и регулиционных сооружений. Отверстие моста в свету не должно быть меньше устойчивой ширины русла.

Размеры отверстий городских мостов следует назначать с учетом намечаемого регулирования реки и требований планировки набережных (п. 5.28 СП 35.13330.2011).

Согласно п. 5.5 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.23 СП 35.13330.2011 положение элементов моста над уровнями воды и ледохода на несудоходных и несплавных водотоках, а также в несудоходных пролетах мостов на судоходных водных путях следует определять в зависимости от местных условий и принятой схемы моста. Размеры возвышений отдельных элементов моста над соответствующими уровнями воды и ледохода во всех случаях должны быть не менее величин, указанных в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Возвышение частей или элементов моста над уровнями воды и ледохода
(Табл. 5.2, п. 5.23 СП 35.13330.2011, выдержка)

Часть или элемент моста	Возвышение частей или элементов, м		
	над уровнем воды (с учетом влияния подпора и волны) при максимальных расходах паводков		над наивысшим уровнем ледохода
	расчетных для мостов на всех автомобильных дорогах	наибольших	
1. Низ пролетных строений:			
а) при глубине подпертой воды 1 м и менее	0,50	0,25	—
б) то же, свыше 1 м	0,50	0,25	0,75
в) при наличии на реке заторов льда	0,75	0,75	1,00
г) при наличии карчехода	1,00	1,00	—
д) при селевых потоках	1,00	1,00	—
2. Верх площадки для установки опорных частей	0,25	—	0,50
3. Низ пят арок и сводов	—	—	0,25
4. Низ продольных схваток и выступающих элементов конструкций в пролетах деревянных мостов	0,25	—	0,75

Согласно п. 5.6 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.23 СП 35.13330.2011 возвышение низа пролетных строений над наивысшим уровнем водохранилища у мостов, расположенных в несудоходных и несплавных зонах водохранилища, должно быть не менее 0,75 высоты расчетной ветровой волны с увеличением на 0,25 м.

Таблица 7

Возвышение частей или элементов моста над уровнями воды и ледохода
(Табл. 2, п. 5.5 ГОСТ 33384-2015)

Часть или элемент моста	Возвышение частей или элементов моста над расчетным уровнем, м		
	водного потока с учетом влияния подпора и волны	ледохода	селевого потока
1. Низ пролетных строений:			
- при глубине подпертой воды до 1 м	0,50	0,50	1,5
- то же, свыше 1 м	0,50	0,75	1,5
- при наличии заторов льда	0,75	1,0	—
- при наличии карчехода	1,0	—	—
2. Верх площадки для установки опорных частей	0,25	0,5	1,0
3. Низ пят арок и сводов	0,25	0,25	0,5
4. Низ продольных схваток выступающих элементов пролетных строений деревянных мостов	0,25	0,75	1,0

Приведем примечания, указанные в табл. 2 ГОСТ 33384-2015 и табл. 5.2 СП 35.13330.2011:

1. При наличии явлений, вызывающих более высокие уровни воды (вследствие подпора от нижележащих рек, озер или водохранилищ, нагона воды ветром, образования заторов или прохождения паводков по руслам, покрытым льдом, и др.), указанные в таблице возвышения следует отсчитывать от этого уровня, вероятность превышения которого устанавливается в соответствии с табл. 3 ГОСТ 33384-2015 и табл. 5.3 СП 35.13330.2011 (см. табл. 6 и 7).

2. При определении возвышения верха площадки для установки опорных частей уровень воды необходимо определять с учетом набега воды от динамического воздействия речного потока на опору моста.

3. Для малых мостов наименьшее возвышение низа пролетных строений допускается определять без учета высоты ветровой волны.

Наименьшее возвышение низа пролетных строений при наличии наледи необходимо назначать с учетом их высоты (п. 5.7 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.23 СП 35.13330.2011).

При одновременном наличии карчехода и наледных явлений возвышения, приведенные в табл. 7 (табл. 2 ГОСТ 33384-2015) и табл. 6 (табл. 5.2 СП 35.13330.2011), следует увеличивать не менее чем на 0,50 м (п. 5.8 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.23 СП 35.13330.2011).

Согласно п. 5.9 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.23 СП 35.13330.2011 расстояние между промежуточными опорами в свету при наличии карчехода следует назначать с учетом размеров карчей, но не менее 15 м, за исключением береговых пролетов мостов с отсыпными устоями.

1.6. Расчет общего размыва под мостом

Согласно п. 6.6 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.29 СП 35.13330.2011 расчет общего размыва под мостами следует производить на основе решения уравнения баланса наносов на участках русел рек у мостовых переходов при расчетных паводках, указанных в п. 6.1 ГОСТ 33384-2015 п. 5.25 СП 35.13330.2011.

Если проход паводков, меньших по величине, чем расчетные (наибольшие), вызывает необратимые изменения в подмостовом русле (что возможно при стеснении потока более чем в 2 раза, на мостовых переходах в условиях подпора, в нижних бьефах плотин, деформации русел в пойменных отверстиях и т.п.), определение общего размыва следует выполнять из условий прохода расчетного (наибольшего) паводка после серии натурных наблюдаемых паводков одного из многоводных периодов (п. 5.29 СП 35.13330.2011).

Для предварительных расчетов, а также при отсутствии необходимых данных о режиме водотока общий размыв допускается определять по скорости течения, соответствующей балансу наносов (п. 6.6 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.29 СП 35.13330.2011).

Согласно п. 6.8 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.31 СП 35.13330.2011 значение коэффициента общего размыва под мостом следует обосновывать технико-экономическим расчетом. При этом необходимо учитывать возможное уширение русла, скорости течения, допустимые для судоходства и миграции рыбы, а также другие местные условия. Значение коэффициента размыва, как правило, следует принимать не более 2. Для мостов через неглубокие реки и периодические водотоки при соответствующем обосновании допускается принимать коэффициенты общего размыва более 2.

При морфометрической основе расчета вычисленные глубины общего размыва следует увеличивать на 15 % (п. 6.8 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.29 СП 35.13330.2011).

1.7. Расчет местного размыва у опор моста

Согласно п. 6.7 ГОСТ 33384-2015 и 5.30 СП 35.13330.2011 при построении линии наибольших размывов, кроме общего размыва, необходимо учитывать местные размывы у опор, влияние регуляционных сооружений и других элементов мостового перехода, возможные естественные переформирования русла и особенности его геологического строения.

Расчет мостов на воздействие сейсмических нагрузок следует производить без учета местного размыва русла у опор (п. 6.7 ГОСТ 33384-2015 и 5.29 СП 35.13330.2011).

Согласно п. 4.1 СП 32-102-95 [9] расчет местного размыва производится для следующих сооружений мостовых переходов:

- промежуточных опор мостов;
- береговых опор мостов, грани которых выступают из конуса;
- насыпей пойменных подходов и в долинах рек, в том числе на прижимных участках, когда часть откоса насыпи попадает в русло;
- струенаправляющих дамб и конусов мостов, регулирующих пойменный поток; сплошных незатопляемых поперечных регуляционных сооружений, отжимающих поток от пойменных насыпей (траверсы) или от берегов и насыпей на прижимных участках рек (буны, шпоры и т. п.), а также затопляемых сооружений (типа полузапруд).

1.8. Расчет величины срезки грунта

Согласно п. 6.9 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.32 СП 35.13330.2011 срезку грунта в пойменной части отверстия моста допускается предусматривать только на равнинных реках. Размеры и конфигурацию срезки следует определять расчетом исходя из условий ее незаносимости в зависимости от частоты затопления поймы и степени стеснения потока мостовым переходом при расчетном уровне высокой воды. Срезка в русле побочной, отмелей и осередков не учитывается.

Уширение под мостом вследствие срезки грунта следует плавно сопрягать с неуширенными частями русла для обеспечения благоприятных условий подвода потока воды и руслоформирующих наносов в подмостовое сечение. Общая длина срезки (в верховую и низовую стороны от оси перехода) должна быть в 4...6 раз больше ее ширины в створе моста. Следует избегать конфигурации срезки наибольшей ширины в створках голов регуляционных сооружений. При проектировании срезки грунта на пойме необходимо предусматривать удаление пойменного наилка до обнажения несвязных аллювиальных грунтов на всей площади срезки (п. 6.10 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.33 СП 35.13330.2011).

1.9. Расчет возвышения бровки земляного полотна, насыпей на подходах к мостам над расчетным уровнем воды с учетом возможного подпора и набега волны на откосы

Согласно п. 6.11 ГОСТ 33384-2015 возвышение бровки земляного полотна, насыпей на подходах к мостам над расчетным уровнем воды с учетом возможного подпора и набега волны на откосы необходимо предусматривать не менее 0,5 м. При этом следует соблюдать требования по возвышению низа дорожной одежды над уровнем грунтовых и поверхностных вод, установленные национальными нормативными документами по проектированию автомобильных дорог.

Согласно п. 5.34 СП 35.13330.2011 возвышение бровок земляных сооружений на подходах к большим и средним мостам над уровнями воды при паводках согласно п. 5.25 СП 35.13330.2011 (с учетом набега волны на откосы и возможного подпора) следует принимать не менее, м: 0,5 – для земляного полотна, водоразделительных и ограждающих дамб, а также струенаправляющих дамб на реках с блуждающими руслами, 0,25 – для регуляционных сооружений и бERM насыпей.

Возвышение бровки земляного полотна на подходах к малым мостам над уровнями воды при паводках по 5.25 СП 35.13330.2011 (с учетом подпора и аккумуляции) следует принимать не менее 0,5 м. Кроме того, на автомобильных дорогах при назначении возвышения бровки земляного полотна на подходах к указанным сооружениям следует соблюдать требования по возвышению низа дорожной одежды над уровнем грунтовых и поверхностных вод, установленные СП 34.13330. 2012.

В пределах воздействия льда на пойменную насыпь отметка ее бровки должна быть не ниже отметок верха навала льда с учетом полуторной толщины льда (п. 6.11 ГОСТ 33384-2015 и п. 5.34 СП 35.13330.2011).

Расчет подпоров на мостовых переходах допускается выполнять с использованием научно обоснованных методик, принятых в проектных организациях при проектировании мостовых переходов (п. 6.12 ГОСТ 33384-2015).

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполнение курсовой работы предусмотрено на тему «Изыскания мостового перехода на автомобильной дороге: гидравлический и русловый расчеты, расчет отверстия моста, определение общего и местного размыва». В прил. 2 приведено задание для выполнения курсовой работы.

Исходные данные принимаются по вариантам следующим образом: к значению уровня воды для 2019 года прибавляется значение – сумма цифр учебного шифра обучаемого. Например, для учебного шифра обучаемого 62531 значение уровня воды для 2019 года равно $300 + 17 = 317$ см.

Для проложения мостового перехода через р. Усьва предусмотрены:

- фрагменты топографических карт М 1:1000 (рис. П 2.1 и рис. П 2.2);
- материалы инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрологических изысканий (прил. 3).

При выполнении курсовой работы необходимо учесть, что для отметок земли и уровней воды применяется Балтийская система высот.

Положения по *организации выполнения и защите* курсовой работы:

- курсовая работа выполняется последовательно по мере изучения соответствующих тем дисциплины; при разработке курсовой работы обучающийся должен показать умение делать обоснованные выводы;

- курсовая работа должна быть подписана обучающимся на титульном листе;
- курсовая работа сдается преподавателю на проверку; преподаватель, если есть замечания, возвращает курсовую работу обучающемуся на доработку и устранение недостатков;
- защита курсовой работы заключается в том, что обучающийся дает пояснения по существу сделанных изменений и отвечает на вопросы комиссии; при оценке курсовой работы учитывается своевременность сдачи работы, правильность и аккуратность выполнения расчетов, а также результаты защиты;
- обучающиеся, не сдавшие курсовую работу или получившие на защите неудовлетворительные оценки, к экзамену не допускаются.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Нанесение на карту оси мостового перехода, построение профиля морфоствора

При трассировании автомобильной дороги при наличии водной преграды выбирают место мостового перехода. Для этого на топографической карте наносится *ось мостового перехода*, местоположение которой обусловлено в том числе и морфологическими свойствами долины реки (Пример оформления приведен на рис. П 4.1 Прил. 4).

На меандрирующих реках *морфостворы* располагают в наиболее узком месте долины реки с наименьшим числом стариц и протоков, на участках, где направления руслового и пойменного потоков параллельны. Предварительно начало и конец морфоствора назначаются за пределами поймы (на 100...200 м). Окончательно длина участка уточняется после установления *ПУВВ*. По результатам съемки морфоствора и морфометрическим обследованиям составляется *профиль морфоствора* (рис. П 4.2 Прил. 4).

Построение профиля морфоствора начинается с выполнения пикетажа участка трассы, оно заключается в нанесении на проведенный участок трассы пикетов и плюсовых точек. Пикеты наносятся штрихами (не более 1,5 мм), пересекающими трассу через каждые 100 м, и подписываются цифрами, обозначающими номер пикета.

Плюсовые точки ставятся между пикетами для обозначения особенностей рельефа на рассматриваемом участке – мест с резкими изменениями рельефа: бровки поймы и русла, подошвы откосов поймы и русла.

Плюсовыми точками необходимо также обозначать линии уреза водной поверхности водотока и линию дна русла по глубине водотока, указанной на карте (ориентировочно посередине водной поверхности).

Отметки земли пикетов и плюсовых точек определяются методами экстраполяции или интерполяции по отметкам ближайших горизонталей и заносятся в столбцы «Расстояние» и «Отметки земли» в табл. 8.

Таблица 8

Ведомость определения отметок земли пикетов и плюсовых точек морфоствора, отметок $PUBB$

Расстояние, м	Плюсовые точки	Отметки земли, м	$PUBB$, м ⁶	Примечания
0	—	135,0	134,47	Начало участка
57	—	132,5	134,47	Пересечение с горизонталью
100	—	131,0	134,47	ПК 1
200	—	128,0	134,47	ПК 2
243	X_1	127,5	134,47	Левая бровка откоса поймы
243	X_2	119,5	134,47	Левая подошва откоса поймы
257	X_3	119,5	134,47	Левый урез водотока
261	X_4	118,3	134,47	Дно реки
265	X_5	119,5	134,47	Правый урез водотока
279	X_6	119,5	134,47	Правая подошва откоса поймы
279	X_7	127,5	134,47	Правая бровка откоса поймы
300	—	129,0	134,47	ПК 3
330	X_8^*	134,47	134,47	Граница левой поймы
400	—	147,5	134,47	ПК 4

* Плюсовая точка X_8 установлена после определения H_{PUBB} .

По полученным отметкам вычерчивается линия земли и дна на участке морфоствора (рис. 2 [21]).

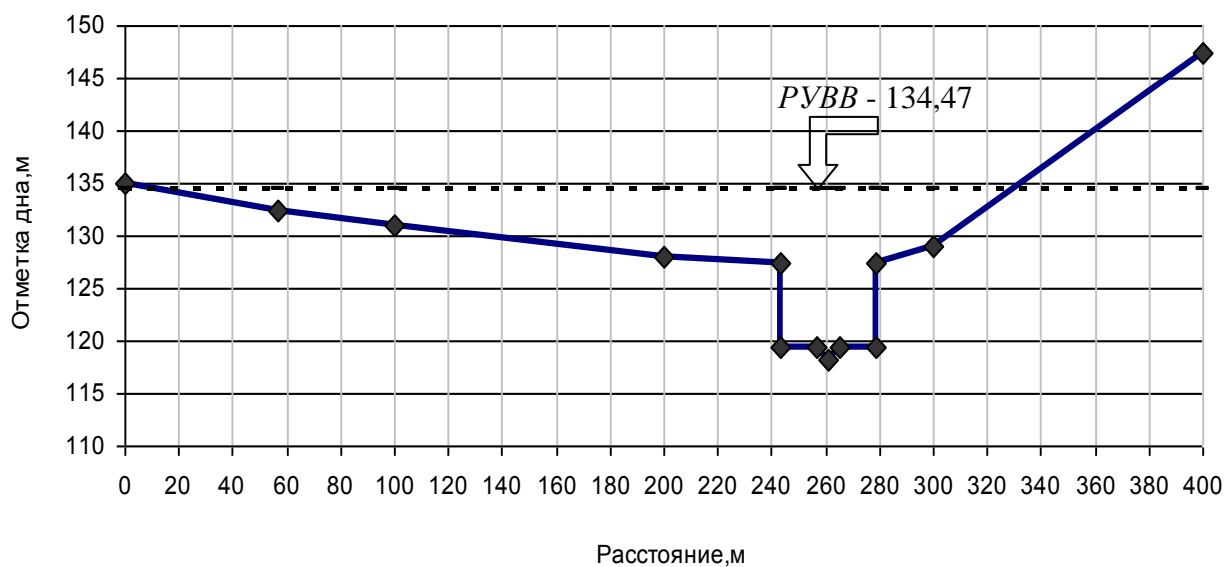


Рис. 2. Схема поперечного сечения долины реки в створе мостового перехода

⁶ Заполняется после выполнения гидрологических расчетов.

3.2. Определение уровня и отметки высоких вод

Определение уровня H_p и отметки $H_{pубв}$ высоких вод выполняется на основе данных о замерах максимальных уровней паводков H_i .

Хронологический ряд уровней паводков (в см над нулем графика водомерного поста) указан в задании на выполнение курсовой работы.

Для определения H_p предусмотрена определенная последовательность.

1. Определяется среднее многолетнее (среднее арифметическое) значение

уровня паводка за время наблюдения $\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$, где $\sum_{i=1}^n H_i$ – сумма величин, из которых составлен ряд из n членов (формула (7.1) ПМП-91).

2. Определяется эмпирическая ежегодная вероятность превышения гидрологической характеристики P_i по формуле (п. 5.2 СП 33-101-2003)

$$P_{m,\%} = \frac{m}{n+1} 100\%, \quad (1)$$

где m – порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики, расположенных в убывающем порядке.

3. Определяются модульные коэффициенты рассматриваемой гидрологической характеристики $k_i = \frac{H_i}{\bar{H}}$ и их квадрат k_i^2 для каждого года.

Расчет величин P_i , k_i и k_i^2 выполняется в табличной форме (табл. 9).

Таблица 9

Обработка хронологического ряда уровней паводков

№ п/п	H_i , см	P_i	k_i	k_i^2
1	287	0,027559055	1,658960	2,752147
2	225	0,066929134	1,300578	1,691503
...
25	69	0,972440945	0,398844	0,159076
Сумма	4325	–	25	26,5542
Среднее	172	–	–	–

4. Для гидрологических расчетов и прогнозов наибольшее распространение получила кривая вероятности Пирсона III типа.

Коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s ряда значений H_i

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n k_i^2 - n}{n-1}}; \quad C_s = \frac{2C_v}{1-k_{\min}}, \quad (2), (3)$$

где k_{\min} – минимальное значение модульного коэффициента.

5. Зная значения вероятности превышения гидрологической характеристики $P_{m,\%}$ и коэффициента асимметрии C_s , определяется значение функции вероятности $\Phi = f(P_{\%}, C_s)$ по Фостеру-Рыбкину – отклонение ординат кривой вероятностей Пирсона III типа от середины при $\bar{x} = 1$ и $C_v = 1$ (См. приложение 7.4 ПМП-91).

6. Расчетный уровень высоких вод над нулем графика водомерного поста определяется по формуле

$$H_p = \bar{H}(1 + C_v \Phi). \quad (4)$$

7. Отметка расчетного уровня высоких вод (по Балтийской системе) $H_{PYBB} = H_{BП} + H_p$, где $H_{BП}$ – отметка нуля графика водомерного поста, можно принять равной отметке дна реки.

Границами морфоствора являются высоты земли, превышающие на 1...3 м расчетные уровни высокой воды H_{PYBB} . Так, для рассматриваемого примера при $H_{PYBB} = 134,47$ м границы морфоствора проходят через точки ПК 0 и ПК 3 + 30 (см. табл. 8 и рис. 2).

3.3. Морфометрические расчеты

Основное уравнение морфометрического расчета имеет вид:

$$v_{ij} = m_i h_{ij}^{2/3} I_6^{1/2}, \quad (5)$$

где v_{ij} – средняя скорость течения на i -м участке живого сечения долины при j -м уровне; m_i – коэффициент ровности i -го участка (величина, обратная коэффициенту шероховатости n); h_{ij} – средняя глубина потока на i -м участке при j -м уровне; I_6 – бытовой уклон свободной поверхности.

Последовательность морфометрического расчета.

1. По профилю морфоствора и морфологическому описанию характерных участков принимают значения коэффициента ровности (Табл. 10).

Таблица 10

Коэффициенты ровности в русле и пойме реки

Морфометрические признаки русла и поймы	Значения коэффициента ровности m		
	максимальное	минимальное	среднее
Русла земляные ровные; русла полугорных рек; незаросшие поймы	40	20	30
Русла земляные извилистые; русла галечно-валунные; суходолы ровные; поймы, заросшие на 10 %	30	20	25
Русла земляные очень извилистые; суходолы извилистые; поймы, заросшие на 20 %	25	15	20
Суходолы, засоренные камнем и заросшие; поймы, заросшие на 50 %	20	10	15
Поймы, заросшие на 70 %	15	5	10
Поймы, заросшие на 100 %	10	0	5

2. Задаются j -м уровнем воды и для каждого i -го характерного участка вычисляют площадь живого сечения ω_{ij} и среднюю глубину $h_{ij} = \frac{\omega_{ij}}{B_{ij}}$.

3. Вычисляют скорости течения на каждом i -м участке по уравнению (5) и величины расходов воды по формуле

$$Q_{ij} = \omega_{ij} v_{ij}. \quad (6)$$

4. Суммируют расходы характерных участков долины и определяют общий Q_j , русловой бытовой $Q_{pбj}$ расходы и средние русловые скорости течения $v_{pбj}$ при j -м уровне. Пример оформления расчетов – в табл. 11 [20].

Таблица 11

Морфометрический расчет

№ п/п	Отметка H_i , м	Измеритель	Левая пойма	Русло	Правая пойма	Всего Q_j , м³/с	№ п/п	Отметка H_i , м	Измеритель	Левая пойма	Русло	Правая пойма	Всего Q_j , м³/с
1	УНВ 85,6	B_i		69,1		25,19	6	88,0	B_i	57,96	89,0	165,28	290,84
		ω_i		65,83					ω_i	52,3	270,7	201,7	
		h_i		0,95					h_i	0,90	3,04	1,22	
		v_i		0,38					v_i	0,22	0,83	0,27	
		Q_i		25,19					Q_i	11,58	224,63	54,63	
2	86,0	B_i		78,22		42,96	7	88,5	B_i	70,71	89,0	172,06	407,24
		ω_i		95,29					ω_i	84,5	315,2	286	
		h_i		1,22					h_i	1,20	3,54	1,66	
		v_i		0,45					v_i	0,27	0,92	0,33	
		Q_i		42,96					Q_i	22,57	289,49	95,18	
3	86,45	B_i		89,0		72,37	8	89,0	B_i	83,47	89,0	178,84	543,40
		ω_i		137,2					ω_i	123,0	359,7	373,7	
		h_i		1,54					h_i	1,47	4,04	2,09	
		v_i		0,53					v_i	0,31	1,00	0,39	
		Q_i		72,37					Q_i	37,78	360,76	144,86	
4	87,0	B_i	29,2	89,0	151,72	118,58	9	89,5	B_i	103,33	89,0	185,62	697,44
		ω_i	7,29	181,7	29,2				ω_i	169,5	404,2	464,9	
		h_i	0,25	2,04	0,19				h_i	1,64	4,54	2,50	
		v_i	0,09	0,64	0,08				v_i	0,33	1,08	0,44	
		Q_i	0,69	115,59	2,31				Q_i	55,91	438,17	203,35	
5	87,5	B_i	45,2	89,0	158,5	194,81	10	РУВВ 1% 89,8	B_i	115,83	89,0	189,69	799,53
		ω_i	26,54	226,2	120,7				ω_i	202,4	430,9	521,1	
		h_i	0,59	2,54	0,76				h_i	1,75	4,84	2,75	
		v_i	0,17	0,74	0,20				v_i	0,34	1,13	0,47	
		Q_i	4,41	166,52	23,87				Q_i	69,64	487,47	242,42	

Размеры русел рек определяются не по всем расходам, проходящим через сечение долины, а лишь по проходящей на его ширине частью общего расхода – руслового бытового расхода $Q_{pб}$.

Для створов, в которых известны величины расчетного уровня расхода, морфометрический расчет дает возможность оценить распределение расчетного общего расхода между руслом и поймами:

$$\tau = \frac{Q_{p\delta}}{Q} = \frac{m_p B_{p\delta} h_{p\delta}^{5/3}}{m_p B_{p\delta} h_{p\delta}^{5/3} + \sum m_{ni} B_{ni} h_{ni}^{5/3}}, \quad (7)$$

где m_p, m_{ni} – соответственно коэффициенты ровности русла и характерных участков пойм; $B_{p\delta}, B_{ni}$ – бытовая ширина русла и ширина i -го участка поймы; $h_{p\delta}, h_{ni}$ – средняя глубина в русле и на i -м участке поймы.

Величины руслового бытового и пойменного расходов следующее:

$$Q_{p\delta} = Q \tau \text{ и } Q_{n\delta} = Q (1 - \tau). \quad (8), (9)$$

3.4. Целесообразность устройства уширения подмостового русла

Сооружение мостового перехода не меняет общего расхода, проходящего через сечение, но меняет на участках, прилегающих к мостовому переходу, естественное распределение общего расхода между руслом и поймами. Чем больше относительная часть расхода, проходящего по поймам, и чем чаще они затопляются в паводки, тем в большей степени мостовой переход меняет естественный русловой режим реки на участке своего влияния и тем большие размеры мостового перехода могут быть приняты.

Искусственное уширение подмостовых русел (устройство срезок) является одним из эффективных средств уменьшения общего размыва, позволяет при сравнительно малых затратах назначить для одного и того же отверстия моста существенно меньшее заложение опор.

На степень возможного уширения главным образом влияют величина стеснения потока подходами к мосту $\beta = \frac{Q_{pm}}{Q_{p\delta}}$ и вероятность затопления

пойм в месте перехода P_n %. Степень возможного уширения при этом оказывается тем больше, чем больше стеснен поток подходами и чем чаще затопляется пойма в месте перехода.

Ширина устойчивого русла под мостом следующая:

$$B_{pm} = B_{p\delta} [(\beta_c^{0,93} - 1) K_{II} K_{P\%} + 1], \quad (10)$$

где $B_{p\delta}$ – бытовая ширина подмостового русла, принимаем $B_{p\delta} = \sum B_{pi}$; $\beta_c = \beta_{1\%}$ – степень стеснения потока на пике паводка $ВП = 1$ % при отверстии моста $L_m = B_{pm}$; K_{II} – коэффициент, учитывающий влияние полноты расчетного паводка; $K_{P\%}$ – коэффициент, учитывающий влияние частоты затопления пойм в месте перехода.

Первоначально, а также в том случае, если мост перекрывает только русло, степень стеснения потока $\beta_c \approx 1/\tau = Q_{1\%}/Q_{p\delta}$.

В том случае, когда мост перекрывает русло и часть поймы, пропускающую значительную часть расхода, после предварительного определения ширины устойчивого русла под мостом по формуле (10) и назначения отверстия моста находят новое фактическое значение β_c по формуле

$$\beta_c = \frac{Q}{Q_{pб} + q_{пб}(L_m - B_{pm})}, \quad (11)$$

где Q и $Q_{pб}$ – общий и русловой бытовой расходы соответственно; L_m – отверстие моста в свету, м; $q_{пб}$ – погонный бытовой расход на пойме, м³/с.

$$q_{пб} = \frac{Q - Q_{pб}}{B_0 - B_{pб}}, \quad (12)$$

где B_0 – ширина разлива реки в паводок.

Коэффициенты $K_{П}$ и $K_{P\%}$ зависят от вероятности затопления пойм $P_{П\%}$ и степени стеснения потока в отверстии β_c .

Значение коэффициента $K_{П}$ принимается следующим образом:

$$\text{– при } \beta_c < 4,5 \text{ и } P_{П\%} < 95 \% \quad K_{П} = \left(\frac{7,7}{\beta_c} - 1 \right) (0,5 П)^{(3,18 - 0,85 \beta_c)}; \quad (13)$$

$$\text{– при } \beta_c > 4,5 \text{ и } P_{П\%} < 95 \% \quad K_{П} = 0,7;$$

$$\text{– при } P_{П\%} > 95 \% \quad K_{П} = 0,79 П^{0,5}, \quad (14)$$

где $П = H_n / H_{n \max}$ – полнота расчетного паводка (отношение средней высоты водомерного графика над поймой к максимальной (рис. 3), при отсутствии данных можно принимать $П \approx 0,7$; H_n – средняя глубина на пойме при РУВВ; $H_{n \max}$ – максимальная глубина паводка на пойме.

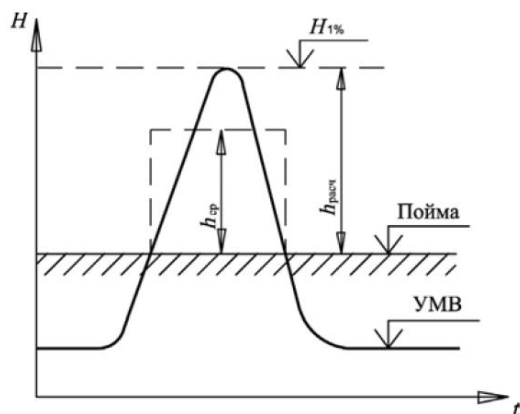


Рис. 3. Схема к определению полноты паводка

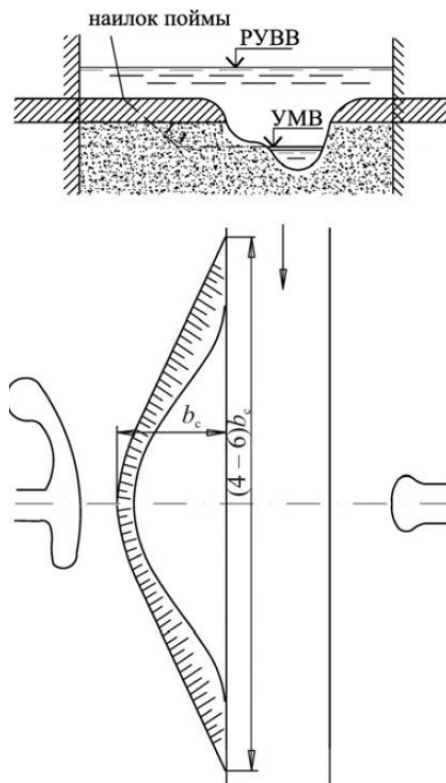


Рис. 4. Очертания срезки в поперечном сечении и плане

Коэффициент $K_{P\%}$ определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{– при } P_{П\%} < 95 \% \quad K_{P\%} = \left(P_{П\%} / 100 \right)^{\left(0,5 + \frac{2,5}{\beta_c} \right)}; \\ & \text{– при } P_{П\%} > 95 \% \quad K_{P\%} = 1. \end{aligned} \quad (15)$$

Уширение целесообразно, если при данном $\beta\%$ значение $P_{П\%}$ больше указанных:

Степень стеснения потока подходами при РУВВ, β	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Вероятность затопления пойм, $P_{П\%}$, более	95	75	50	33	21	13	6

При $\beta\% < 1,7$ уширение мостового русла не устраивается.

Искусственное уширение русла под мостом (срезка) может быть устойчивым (не заиливаться во время эксплуатации), если величина срезки не превышает размеры возможного самоуширения русла. При необходимости получения дополнительных объемов грунта размеры срезки под мостом в некоторых случаях могут быть увеличены, но при расчете общего размыва величину срезки необходимо принимать равной расчетной ширине русла. Так как срезка является искусственным уширением русла (фронта переноса наносов), то ее надо устраивать за счет удаления связных грунтов пойменного наилка, но не за счет русловых элементов (рис. 4).

Можно устраивать как одностороннюю, так и двухстороннюю срезку с распределением уширения между соответствующими поймами пропорционально сливу воды с каждой из них. Русло уширяется до уровня средней межи. Форма уширенного русла в плане принимается эллиптического очертания с плавным сопряжением с неуширенными частями его в верхнем и нижнем бьефах.

Общая длина срезки не менее 4...6 ее ширины b_c (рис. 4).

3.5. Назначение отверстия моста

Отверстие моста (ОМ) представляет собой водопропускное отверстие, располагающееся между насыпями подходов и перекрываемое мостом. При проектировании ОМ рекомендуется рассматривать два варианта системы сооружений: ОМ не стесняет водного потока (максимальное отверстие); ОМ проектируется из условия стеснения (сжатия) потока.

ОМ не может быть меньше L_m – минимального значения, определяемого техническими требованиями норм:

– соответствовать наибольшему допускаемому значению коэффициента общего размыва $P = 2$;

– средняя скорость потока v_{pc} в русле под мостом через судоходную реку при расчетном судоходном горизонте (PCY) не должна превышать той же скорости в естественных условиях $v_{pб}$ на $k\%$ (10...20);

– ОМ не должно быть менее ширины устойчивого русла B_{pm} , под которой следует понимать наибольшую ширину русла в районе перехода.

Отверстие моста назначается, как правило, не менее величины (рис. 5)

$$L_m = \delta B_{pm} + \sum b_{on} + \sum l_{укр} + 2 m h_n, \quad (16)$$

где B_{pm} – ширина устойчивого русла под мостом с учетом срезки, определяемая расчетом по формуле (10); $\delta = 1,1$ – гарантийный коэффициент запаса на возможную погрешность; $\sum b_{on}$ – суммарная ширина опор (для расчета ОМ в свету $\sum b_{on} = 0$); $\sum l_{укр}$ – ширина укрепений подошв конусов (для ориентировочных расчетов $\sum l_{укр} = 10...20$ м); m – коэффициент заложения конусов (как правило, $m = 2$); h_n – глубина на пойме у конусов при РУВВ.

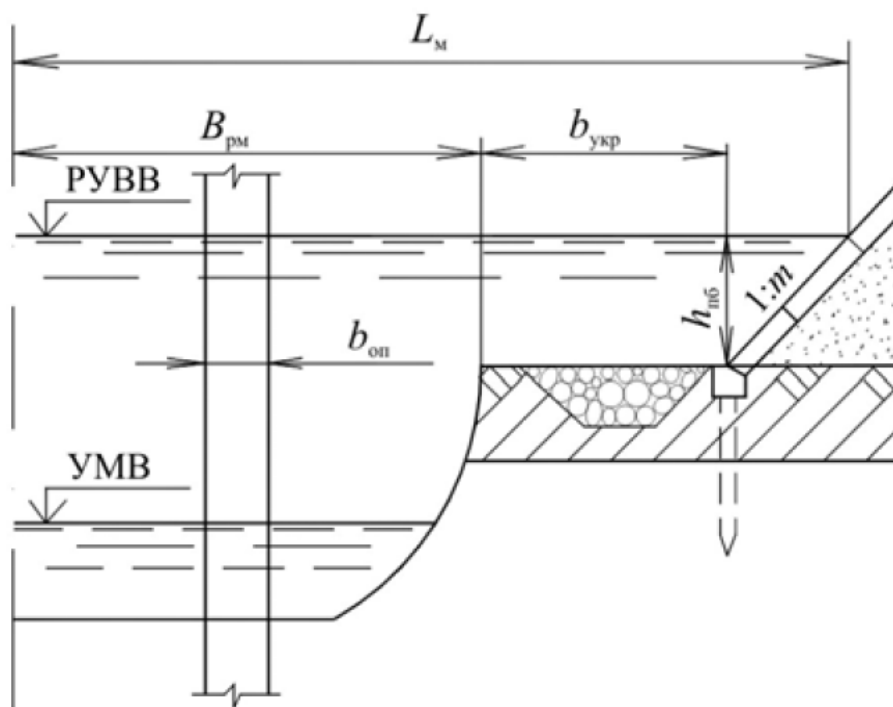


Рис. 5. Схема к определению отверстия моста

Теоретически за возможно наибольшее отверстие моста (максимальное) $L_m = L_{max}$ можно принять отверстие, соответствующее $P = 1 \%$ и минимальному значению коэффициента размыва, то есть условно без допущения размыва.

Рекомендуется отверстие моста принимать при всех типах руслового процесса (кроме русловой многорукавности) не более ширины уширенного русла $B_{p.уш}$, т. е.

$$L_m \leq B_{pб} (Q/Q_{pб})^x, \quad (17)$$

где $B_{pб}$ – ширина бытового русла; $Q/Q_{pб}$ – расходы воды, проходящие в речной долине и в русле; x – показатель степени, принимаемый равным 0,5 для несвязных и 0,6 – для связных грунтов.

Окончательно ОМ назначают на основе технических расчетов и экономических сравнений вариантов в пределах от минимального до максимального значений.

3.6. Проверка общего размыва по коэффициенту общего размыва подмостового сечения

По результатам расчета общего размыва определяется глубина фундаментирования опор моста и их конструкция.

Проверка общего размыва по коэффициенту общего размыва подмостового сечения P выполняется в следующей последовательности.

1. Подмостовое сечение разбивается на морфологические однородные участки – русло, левую и правую пойменные части отверстия.

2. Назначается размер отверстия моста L_m .

3. Назначается уровень срезки (УС) – срезка грунта на пойменных частях отверстия до отметки на 0,5 м выше УМВ, то есть $УС = УМВ + 0,5$.

4. Определяется глубина на участке срезки (со срезкой) $H_{cc} = УВВ - УС$.

5. Определяется ширина срезки $B_c = L_m - B_{pб}$.

6. Определяется площадь потока на участке срезки грунта при наличии срезки $\omega_{cc} = H_{cc} B_c$.

7. Определяется площадь подмостового сечения до размыва с учетом срезки $\omega_m = \omega_p + \omega_{cc}$, где ω_p – площадь подмостового сечения на участке русла.

8. Определяется средняя глубина потока под мостом до размыва $H_{ор} = \omega_m / L_m$.

9. Определяется расход под мостом $Q_{1\%} = 22,848 B_{pб} - 397,18$.

10. Определяется удельный расход под мостом $Q_m = Q_{1\%} / L_m$.

11. При динамическом равновесии наносов в руслах, сложенных однородными несвязными грунтами, среднюю глубину потока после размыва в русловой части отверстия определяют по формуле [17], т. е.

$$H_{np} = 0,93 \left[\frac{q}{\beta d^{0,2} \sqrt{g}} \right]^{0,77}, \quad (18)$$

где β – безразмерный коэффициент Лиштвана, зависящий от вероятности превышения паводка P_i ; d – средний диаметр частиц грунта дна русла; g – ускорение силы тяжести.

12. Определяется P и сравнивается с $P_{дон}$ ($P = H_{np} / H_{ор} < [P_{дон} = 2]$).

3.7. Определение общего размыва в русловой части моста

Определение общего размыва в русловой части моста $\Delta OД_{pnp}$ производится в следующей последовательности.

1. Определяется коэффициент увеличения расхода воды в естественном русле, т. е.

$$R_Q = 1 + \frac{\omega_{pб}}{\omega_{мб}} \left(\frac{Q}{Q_{pб}} - 1 \right), \quad (19)$$

где $\omega_{pб}$, $\omega_{мб}$ – площади живого сечения до размыва соответственно естественного русла и под мостом (с учетом срезки); $Q/Q_{pб} = 1/\tau$.

2. Рассчитывается расход воды, проходящей в русле под мостом $Q_p = Q_{pб} R_Q$ и $Q_{pб} = Q \tau$ при условии $Q = Q_{1\%}$.

3. Рассчитывается удельный расход в русловой части ОМ $q_{Mp} = Q_p/B_p$.

4. Определяется H_{np} по формуле (18) при соответствующих русловому участку значениях $q_M = q_{Mp}$ и d .

5. Определяется отметка дна после размыва в русловой части моста $ОД_{pnp} = VBB - H_{np}$.

6. Определяется понижение дна (общий размыв) в русловой части моста $\Delta ОД_{pnp} = ОД_{p\partial p} - ОД_{pnp}$, где $ОД_{p\partial p}$ – средняя отметка дна русла до размыва.

3.8. Определение общего размыва в пойменной части моста

Определение общего размыва в пойменной части моста $\Delta ОД_{np(n)}$ производится в следующей последовательности.

1. Определяется расход воды, проходящей по пойменным участкам ОМ:

$$Q_{ni} = \frac{\omega_{nj} H_{nj}^{2/3}}{\sum_{j=1}^y \omega_{nj} H_{nj}^{2/3}} (Q - Q_p) m_n. \quad (20)$$

2. Рассчитываются удельные расходы воды, проходящей по пойменным участкам ОМ $q_{ni} = Q_{ni}/L_{nmi}$.

3. Определяется глубина потока после размыва для пойменных частей отверстия H_{np} по формуле (18) при соответствующих пойменным участкам значениях $q_M = q_{ni}$ и d .

4. Определяется отметка дна пойменных частей после размыва $ОД_{nnp} = VBB - H_{np}$.

5. Определяется понижение дна (общий размыв) в пойменной части моста $\Delta ОД_{np(n)} = ОД_{n\partial p} - ОД_{nnp}$, где $ОД_{n\partial p}$ – средняя отметка поймы до размыва.

Следующий этап – увеличение глубин общего размыва на 15 %. При этом следует иметь в виду, что увеличение глубин общего размыва на 15 % надо отсчитывать от наинизшей отметки дна в русле до размыва.

При реальном проектировании указанный порядок расчетов является начальным и ориентировочным. Далее уточняются виды и характеристики размываемых грунтов с учетом толщины размываемых слоев и их распространения по ширине отверстия моста.

3.9. Расчет местного размыва у промежуточных опор моста

Местный размыв является результатом локального нарушения гидравлической структуры потока при обтекании опор мостов, голов струенотправляющих дамб, траверсов и т.д. Местный размыв наиболее опасен для опор мостов. Развиваясь у передней грани, он может привести к потере их устойчивости (по этой причине подмытая опора всегда падает вверх по течению). В связи с этим при фундировании опор мостов помимо природных русловых деформаций и общего размыва необходимо учитывать местный размыв у их передних граней.

СП 32-102-95 [9] устанавливает методы расчета глубин местных размывов у оснований сооружений автомобильных дорог, в том числе автодорожных мостов, при воздействии на них водного потока и волн.

Наибольшее распространение для расчета местного размыва у промежуточной опоры моста получила формула И.А. Ярославцева:

– для расчета в несвязных грунтах

$$h_e = K K_\zeta \left(\frac{v_{on}^2}{g b_{on}} \right)^{0,9} b_{on} - 30 d ; \quad (21)$$

– для расчета в связных грунтах

$$h_e = K K_\zeta \left(\frac{v_{on}^2}{g b_{on}} \right)^{0,9} b_{on} - \frac{6 v_{nep}}{g} , \quad (22)$$

где h_e – глубина воронки местного размыва; K_ζ – коэффициент, учитывающий форму опоры (табл. 12); K – коэффициент, зависящий от относитель-

ной глубины потока $\frac{H}{b_{on}}$ (табл. 13); H – максимальная глубина потока перед

опорой после общего размыва, м; b_{on} – средняя ширина опоры по фасаду моста; v_{nep} – неразмывающая средняя скорость, при которой развивается общий размыв; d – средний диаметр частиц размываемого грунта, м; g – ускорение силы тяжести; v_{on} – скорость набегания потока на опору (м/с), определяется для наиболее глубокой вертикали подмостового сечения на момент окончания общего размыва

$$v_{on} = v_{pm} \alpha_p^{\frac{2}{3}} , \quad (23)$$

где $\alpha_p = \frac{h_{pmax}}{h_{pcp}}$ – коэффициент формы русла; v_{pm} – средняя скорость течения в русле под мостом после завершения общего размыва (м/с), т. е.

$$v_{pm} = v_{pб} \left(\frac{B_{pб}}{B_{pm}} \right)^{0,25} \left(\frac{h_{pm}}{h_{pб}} \right)^{0,125} , \quad (24)$$

Таблица 12

Значение коэффициента K_ζ

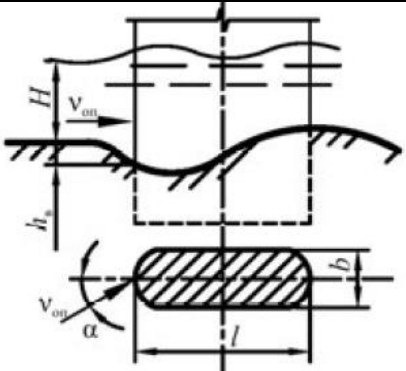
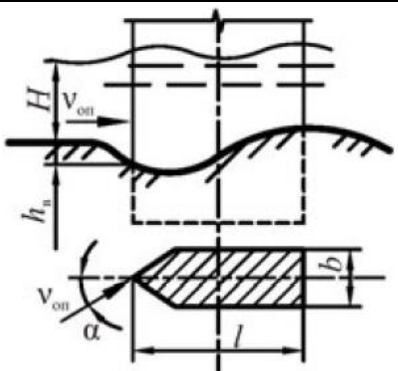
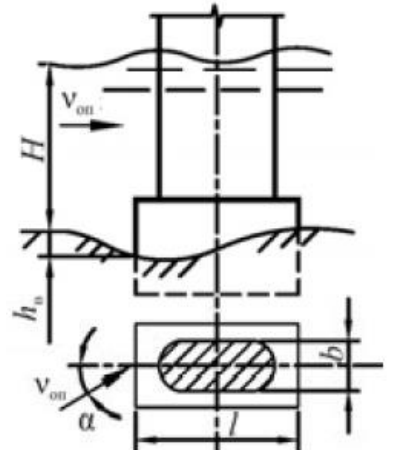
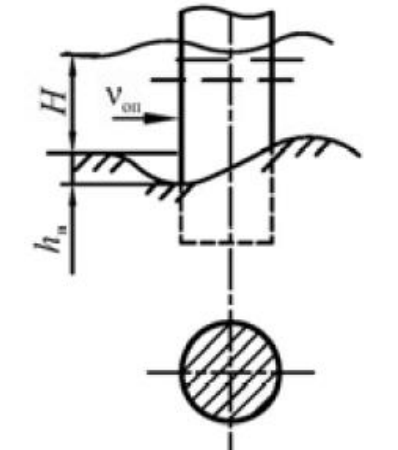
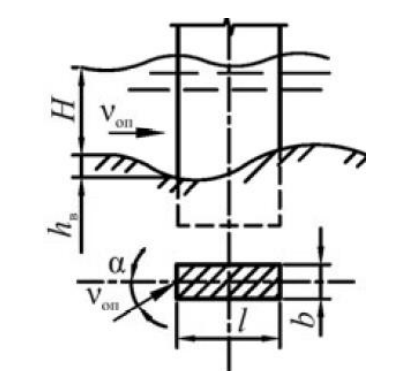
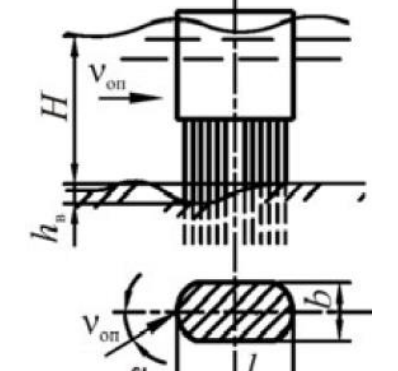
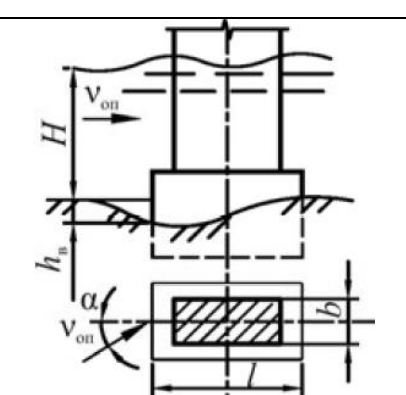
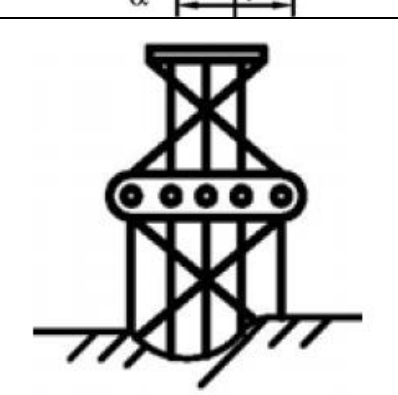
Вид опоры	K_ζ	Вид опоры	K_ζ
	8,5		10,0
	10,5		10,0
	12,4		7,0
	12,4		6,5

Таблица 13

Значение коэффициента K

$H/b_{оп}$	K	
	для русла	для поймы
5,0	0,38	0,62
3,0	0,44	0,68
1,0	0,73	0,97

Формула И.А. Ярославцева применима для скоростей течения, при которых не происходит разрушения структурных скоплений наносов – гряд. Практически ее применяют при скоростях течения до 4 м/с.

3.10. Определение отметки низа пролетного строения моста

Для несудоходных рек отметка низа пролетного строения моста

$$H_{мн} = H_{увв} + \Gamma_{\kappa} + h_{\kappa}, \quad (25)$$

где Γ_{κ} – зазор между уровнем воды и низом пролетного строения моста принимается равным 1 м; h_{κ} – конструктивная высота пролетных строений

$$h_{\kappa} = (1/20) L_{пр}. \quad (26)$$

Для судоходных рек отметка низа пролетного строения моста

$$H_{мс} = H_{ВП} + H_1 + h_c + h_{\kappa}, \quad (27)$$

где $H_{ВП}$ – отметка нуля водомерного поста; H_1 – глубина максимального паводка в ранжированном ряду; h_c – расчетная высота подмостового габарита (табл. 6 и 7).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

А. Нормативные документы

1. ГОСТ 26775-97. Межгосударственный стандарт. Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях. Нормы и технические требования / Введен 1998-01-01. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998. – IV, 22 с.
2. ГОСТ 33177-2014. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-гидрологических изысканий / Введен 2016-09-01 с правом досрочн. прим. – М. : Стандартинформ, 2016. – III, 24 с.
3. ГОСТ 33178-2014. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Классификация мостов / Введен 2015-12-01 с правом досрочн. прим. – М. : Стандартинформ, 2015. – II, 22 с.
4. ГОСТ 33179-2014. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Изыскания мостов и путепроводов. Общие требования / Введен 2015-07-01. – М. : Стандартинформ, 2015. – II, 33 с.
5. ГОСТ 33384-2015. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование мостовых сооружений. Общие требования / Введен 2016-09-08. – М. : Стандартинформ, 2016. – III, 20 с.
6. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91) / Всесоюзный НИИ транспортного строительства (ЦНИИС). – М. : ГК «Трансстрой», 1992. – 423 с.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик (в развитие СНиП 2.01.14-83) / Государственный гидрологический институт. – Л., Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
8. Рекомендации по производству инженерно-геологической реконструкции / Произв. и науч.-исслед. ин-т по инж. изысканиям в стр-ве Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1974. – 16 с.
9. СП 32-102-95. Свод правил. Сооружения мостовых переходов и подтопляемых насыпей. Методы расчета местных размывов: Взамен ВСН 62-69 «Технические указания по расчету местного размыва у опор мостов, струенаправляющих дамб и траверсов» / Введен 1996-04-01. – М. : Корпорация «Трансстрой», 1996. – II, 79 с.
10. СП 33-101-2003. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик / Введен 2004-01-01. – М. : Госстрой России, 2003. – II, 70 с.
11. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги: актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Введен 2013-07-01. – М. : Госстрой России, 2013. – IV, 108 с.

12. СП 35.13330.2011. Свод правил. Мосты и трубы: актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / Введен 2011-05-20. – М. : ОАО «ЦПП», 2011. – VI, 340 с.

13. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* / Введен 2017-07-01. – М. : Минстрой России, 2016. – VI, 94 с.

14. СП 47.13330.2016. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения: актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – Введен 2017-07-01. – М. : Минстрой России, 2016. – VII, 160 с.

Б. Словари, справочники

15. Проектирование автомобильных дорог: справ. инженера-дорожника / Г.А. Федотов и др.; под ред. Г.А. Федотова. – М. : Транспорт, 1989. – 437 с.

16. Словарь иностранных слов. – М. : Рус. яз., 1989. – 624 с.

В. Научные труды

17. Бегам, Л. Г. Цыпин В. Ш. Надежность мостовых переходов через водотоки. – М. : Транспорт, 1984. – 253 с.

18. Милитеев А. Н., Цыпин В. Ш. Гидравлический расчет пойменных мостов // Транспортное средство. – 1991. – № 5. – С. 13–14.

Г. Учебная и учебно-методическая литература

19. Бегам Л. Г., Муромов В. С., Копац. Л. Н. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: учебник / Л.Г. Бегам. – М. : Транспорт, 1976. – 200 с.

20. Проектирование мостовых переходов: метод. указания / Сост. В. И. Алексеев, А. Л. Новодзинский. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 58 с.

21. Проектирование основных параметров мостовых переходов с использованием персонального компьютера: метод. реком. по выполнению лабор.-практ. работы / Сост. А.А. Малышев. – Омск : СибАДИ, 2009. – 35 с.

22. Трескинский, С.А. Особые случаи проектирования дорог : учеб.-метод. пособие.. – М. : Росвузиздат, 1963. – 60 с.

23. Федотов Г. А., Пospelов П. И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» направления подготовки «Транспортное строительство» и направлению подготовки бакалавров «Строительство» (профиль подготовки «Автомобильные дороги»). В 2 кн. – М. : Академия, 2015.– Кн. 2. – 2015. – 416 с.⁷

⁷ См. главы «Общие сведения о переходах через водотоки», «Гидрологические и морфометрические расчеты», «Виды деформаций русел на мостовых переходах», «Упрощенные расчеты мостовых переходов», «Проектирование подходов и регуляционных сооружений на мостовых переходах», «Изыскания мостовых переходов».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Термины, их определения и сокращения

Вероятность превышения (ВП) – вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической характеристики может быть превышено (п. 2.2 ГОСТ 33177-2014 [2]).

Габарит подмостовой судоходного пролета моста (габарит подмостовой) – очертание габарита судового хода, перпендикулярное его оси, в подмостовом пространстве судоходного пролета моста. Определяется: *общей высотой H* , состоящей из высоты h над расчетным высоким судоходным уровнем воды (PCY), гарантированной глубины судового хода на перспективу d от проектного уровня воды (ПУ) и амплитуды колебаний уровней воды a между PCY и ПУ; *шириной B* .

В подмостовом габарите не должны находиться элементы моста и его оборудования, включая навигационные знаки (п. 14 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97 [1]).

Габариты судового хода – глубина, ширина, надводная высота и радиус закругления судового хода (п. 6 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97):

– *глубина (ширина) судового хода гарантированная* – установленная на участке судоходного пути наименьшая глубина (ширина) судового хода при проектном уровне воды (п. 8 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97);

– *габариты судового хода гарантированные (габариты гарантированные)* – установленные на участке судоходного пути наименьшие габариты судового хода при расчетных судоходных уровнях воды (п. 7 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97);

– *глубина судового хода средненавигационная* – средневзвешенная глубина судового хода на участке судоходного пути, используемая транспортным флотом в эксплуатационный период навигации (п. 9 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Класс внутреннего водного пути – характеристика участка внутреннего водного пути, устанавливаемая в зависимости от гарантированной и (или) средненавигационной глубин судового хода, а также расчетных параметров транспортного флота на расчетную перспективу. Цифровое обозначение классов принято от 1 до 7 по убывающей значимости классов в системе внутренних водных путей (п. 3 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Морфоствор – поперечное сечение долины реки с геометрическими и морфометрическими его характеристиками, используемое для теоретического расчета (п. 2.14 ГОСТ 33177-2014).

Оборудование навигационное внутреннего водного пути (оборудование навигационное) – навигационные знаки, устанавливаемые на судоходных путях для обеспечения безопасности судоходства (п. 36 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Ось потока динамическая – линия, соединяющая вдоль потока наибольшие средние на вертикалях скорости потока, совпадающая, как правило, со стрежнем – линией, соединяющей наибольшие поверхностные скорости.

Ось судового хода – условная линия, проходящая в средней части судового хода (п. 16 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Паводок – фаза водного режима реки, которая может многократно повторяться в различные сезоны года. Характеризуется интенсивным, обычно кратковременным, увеличением расходов и подъемом уровней воды и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей (п. 35 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Переход мостовой – комплекс инженерных сооружений, состоящий из моста, подходов к нему (эстакад, земляных насыпей или выемок), регуляционных и берегозащитных сооружений (п. 10 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Период навигационный (навигация) – интервал времени возможной по климатическим условиям или фактической работы флота на перевозках. Различают навигационные периоды: эксплуатационный, директивный и физической навигации (п. 24 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97):

– *период физической навигации (навигация физическая)* – интервал времени от начала очищения водного пути от льда до начала устойчивого ледообразования (п. 26 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97);

– *период навигации эксплуатационный* – интервал времени работы флота на перевозках (п. 25 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Подпор – **1.** Подъем уровня воды, возникающий вследствие преграждения или стеснения русла водотока или изменения условий стока подземных вод (п. 22 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97). **2.** Местное повышение уровня воды в реке вследствие стеснения потока водопропускными сооружениями или при ледовых зажорах, заторах, а также заламах леса (п. 2.5 ГОСТ 33177-2014).

Пойма – часть дна речной долины, сложенная наносами и периодически заливаемая в половодье и паводки (п. 30 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Половодье – фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников. Различают половодья весеннее, весенне-летнее и летнее (п. 34 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Пост водомерный – устройство для систематического измерения уровня воды на реках, морях, озерах, каналах (п. 2.12 ГОСТ 33177-2014).

Пост гидрологический – пункт на водном объекте, оборудованный устройствами и приборами для проведения систематических гидрологических наблюдений (п. 32 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Пост гидрологический опорный – гидрологический пост, характерный для данного участка водного пути, на котором устанавливают проектный уровень воды (п. 33 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Пролет моста судоходный (пролет судоходный) – пролет моста, предназначенный для пропуска плавучих средств (п. 11 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Размыв местный – размыв на ограниченном пространстве в месте набега водного потока на преграду (опора, насыпь или регуляционное сооружение) (п. 2.4 ГОСТ 33177-2014).

Размыв общий – общее понижение дна русла под мостом и на значительном удалении выше и ниже моста в результате стеснения водного потока подходами к мосту (п. 2.3 ГОСТ 33177-2014).

Расход воды расчетный – расход воды при заданной вероятности его превышения (п. 2.1 ГОСТ 33177-2014).

Река – водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное русло (п. 27 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Русло реки – выработанное речным потоком ложе, по которому осуществляется сток без затопления поймы (п. 29 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Система высот Балтийская – принятая в СССР и в России система нормальных высот, отсчет которых ведётся от нуля Кронштадтского футштока (Рис. П1).



Рис. П 1. Внешний вид Кронштадтского футштока и таблички с надписью «Исходный пункт нивелирной сети СССР»⁸

Служба наблюдения за уровнем Балтийского моря была создана в 1707 году.

В 1840 году Михаилом Рейнеке на устье Кронштадтского Синего моста через Проводной канал была нанесена метка, соответствующая среднему уровню воды в Финском заливе за период с 1825 по 1839 год.

Нуль Кронштадтского футштока представляет собой многолетний средний уровень Балтийского моря. От этой отметки отсчитаны нормальные высоты реперов, образующих нивелирную сеть России.

Работы по созданию государственной нивелирной сети с использованием метода геометрического нивелирования начались с 1873 года.

Сооружения регуляционные – сооружения, предназначенные для регулирования водного потока, пересекаемого дорогой, с целью обеспечения течения воды и движения наносов в нужном направлении при соблюдении требуемых условий эксплуатации мостового перехода и водотока (струенаправляющие дамбы, траверсы, шпоры, береговые укрепления и др.) (п. 2.6 ГОСТ 33177-2014).

Способность водопропускная – расход воды, пропускаемый мостовым переходом при запасах в размерах сооружений, регламентированных нормами (п. 14.5.1 ПМП-91 [6]).

Судоходство – плавание судов, плотов и других плавучих средств по внутренним водным путям с целью осуществления грузовых и пассажирских перевозок, а также других видов деятельности (п. 4 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Уровень воды – высота поверхности воды в водном объекте над условной горизонтальной плоскостью сравнения (п. 17 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97):

– *нормальный подпорный уровень воды (НПУ)* – наивысший проектный подпорный уровень верхнего бьефа, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений (п. 21 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97);

– *подпорный уровень воды* – уровень воды, образующийся в водотоке или водохранилище в результате подпора (п. 21 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97);

– *проектный уровень воды (ПУ)* – расчетный низкий судоходный уровень воды с заданной обеспеченностью. Применяется при путевых работах на внутренних судоход-

⁸ Источник: https://ic.pics.livejournal.com/ck_admiral/86514947/4224/4224_2000.jpg

ных путях и установлении гарантированных габаритов судового хода (п. 19 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97);

– *расчетный высокий судоходный уровень воды (PCY)* – судоходный уровень воды, определяемый расчетом, от которого отсчитывается высота подмостового габарита (п. 18 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97); расчетный судоходный уровень определяет наивысший уровень, при котором еще возможны под мостом проходы судов с заданными высотными габаритами, и устанавливает абсолютные высоты низа конструкций пролетных строений, высоты опор и уровни проезда на мосту и подходах.

Футштóк (от нем. Fußstock) – рейка с делениями для измерения уровня воды в море, реке, озере [16, с. 557].

Ход судовый – пространство (подводное и надводное) на судоходном пути, предназначенное для судоходства и обозначаемое на местности или на карте (п. 5 Прил. А (обязательное) ГОСТ 26775-97).

Прочие сокращения

УВВ (РУВВ) – уровень высоких вод (расчетный уровень высоких вод).

УНВ (УМВ) – уровень низких вод (уровень меженных вод).

Приложение 2

Задание для выполнения курсовой работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Кафедра «Автомобильный транспорт и транспортная инфраструктура»

**Задание для выполнения курсовой работы
на тему «Изыскания мостового перехода на автомобильной дороге:
гидравлический и русловый расчеты, расчет отверстия моста, определение
общего и местного размыва» по дисциплине «Изыскания мостовых и тоннельных
переходов (методика, инструменты и средства их выполнения)»**

Направление: 08.03.01 «Строительство».

Направленность (профиль): «Автодорожные мосты и тоннели»

Выдано обучающемуся (обучающейся) _____

(фамилия, имя, отчество)

Учебный шифр _____ Вариант _____ Дата сдачи работы «___» _____ 20__ года

1. Цель выполнения курсовой работы – закрепление студентами знаний геодезических, геологических и гидрологических показателей⁹, влияющих на основные параметры мостового перехода¹⁰, учета влияния этих факторов.

2. Содержание курсовой работы. Курсовая работа должна состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части на листах миллиметровой бумаги.

Примерное содержание **расчетно-пояснительной записки**: титульный лист; задание; содержание; введение; основная часть; библиографический список; приложения.

Примерное содержание **основной части**: **1.** Выбор вариантов места расположения мостового перехода; **2.** Нанесение на карту оси мостового перехода, построение профиля морфоствора; **3.** Определение уровня и отметки высоких вод; **4.** Морфометрические расчеты; **5.** Оценка целесообразности устройства уширения подмостового русла; **6.** Назначение отверстия моста; **7.** Проверка общего размыва по коэффициенту общего размыва подмостового сечения; **8.** Определение общего размыва в русловой части моста; **9.** Определение общего размыва в пойменной части моста; **10.** Расчет местного размыва у промежуточных опор моста; **11.** Расчет подпора на мостовых переходах (рекомендуется); **12.** Определение минимальной отметки насыпи на подходах (рекомендуется); **13.** Определение отметки низа пролетного строения моста.

Обязательное содержание **графической части**:

1. Фрагмент топографической карты с нанесенным участком трассы и осью мостового перехода (формат А4);

2. Профиль морфоствора по оси мостового перехода (формат А3);

⁹ **1.** Характер профиля сечения долины реки в створе мостового перехода. **2.** Формирование хронологического ряда глубин в период УВВ. **3.** Зависимость УВВ от значений модульных коэффициентов, коэффициентов вариации, коэффициентов асимметрии. **4.** Относительный русловый расход и степень сжатия русла. **5.** Величины общего и местного размыва. **6.** Подпор на мостовом переходе.

¹⁰ **1.** Размер отверстия моста. **2.** Глубина фундамента опор. **3.** Отметка проезжей части моста. **4.** Минимальная отметка насыпи на подходах.

3. Общий вид моста в масштабах 1:200 (горизонтальный, вертикальный), на котором должны быть нанесены: геологический разрез по оси морфостроения; расчетные уровни высоких и низких вод; расчетный судоходный уровень; линия низа пролетного строения моста, расстояние в свету между промежуточными опорами моста; линии общего и местного размыва (формат А3).

3. Исходные данные для выполнения курсовой работы.

3.1. Требования Заказчика по техническому заданию:

3.1.1. Район строительства автомобильной дороги – _____ область.

3.1.2. Категория автомобильной дороги – II, III, IV (нужное подчеркнуть).

3.2. Результаты изысканий (геодезических, геологических, гидрологических):

3.2.1. Характеристика реки по типу руслового процесса: меандрирующая, немееандрирующая (нужное подчеркнуть);

3.2.2. Класс водного пути (участка) по ГОСТ 26775-97: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (нужное подчеркнуть). Продолжительность периода навигации: _____ суток.

3.2.3. Максимальные годовые уровни (над нулем графика водомерного поста):

Год	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
H, см	185	165	161	109	147	202	200	150	69
Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
H, см	190	196	210	131	119	208	237	181	170
Год	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
H, см	138	175	225	187	172	216	158	250	300

3.2.4. Отметка нуля графика водомерного поста – _____ м.

3.2.5. Уровень меженных вод (УМВ) – _____ м.

3.2.6. Высота типового паводка над меженью $\Delta H_T = H_{im(max)} - УМВ =$ _____ м.

3.2.7. Координаты опорных точек типового водомерного графика:

№ точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Время t , сутки	7	10	14	16	17	19	21	25	27	31	36
Уровень воды $H_{ит}$ (см) над нулём графика	40	40	72	208	616	789	616	208	72	40	40
Высота уровня воды над меженью $\Delta H_{ит} = H_{ит} - УМВ$, см	0	0	32	168	576	749	576	168	32	0	0

3.2.8. Геология русла – грунт _____, $d =$ _____ мм.

3.2.9. Пойменный наилок: грунт - _____, мощность - _____ м.

3.2.10. Расчётный уклон свободной поверхности потока, ‰: 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 (нужное подчеркнуть).

3.2.11. Коэффициент ровности по Шези-Маннингу: русла – 15, 20, 25, 30, 40; поймы – 0, 5, 10, 15 (нужное подчеркнуть).

3.3. Графические материалы (предложен мостовой переход через р. Усьва):

3.3.1. Фрагмент топографической карты М 1:1000.

3.3.2. Геолого-литологический разрез местности.

Дата выдачи задания «_____» _____ 20____ года

Задание выдал: преподаватель _____
(подпись)

Задание принял: обучающийся (обучающаяся) _____
(подпись)

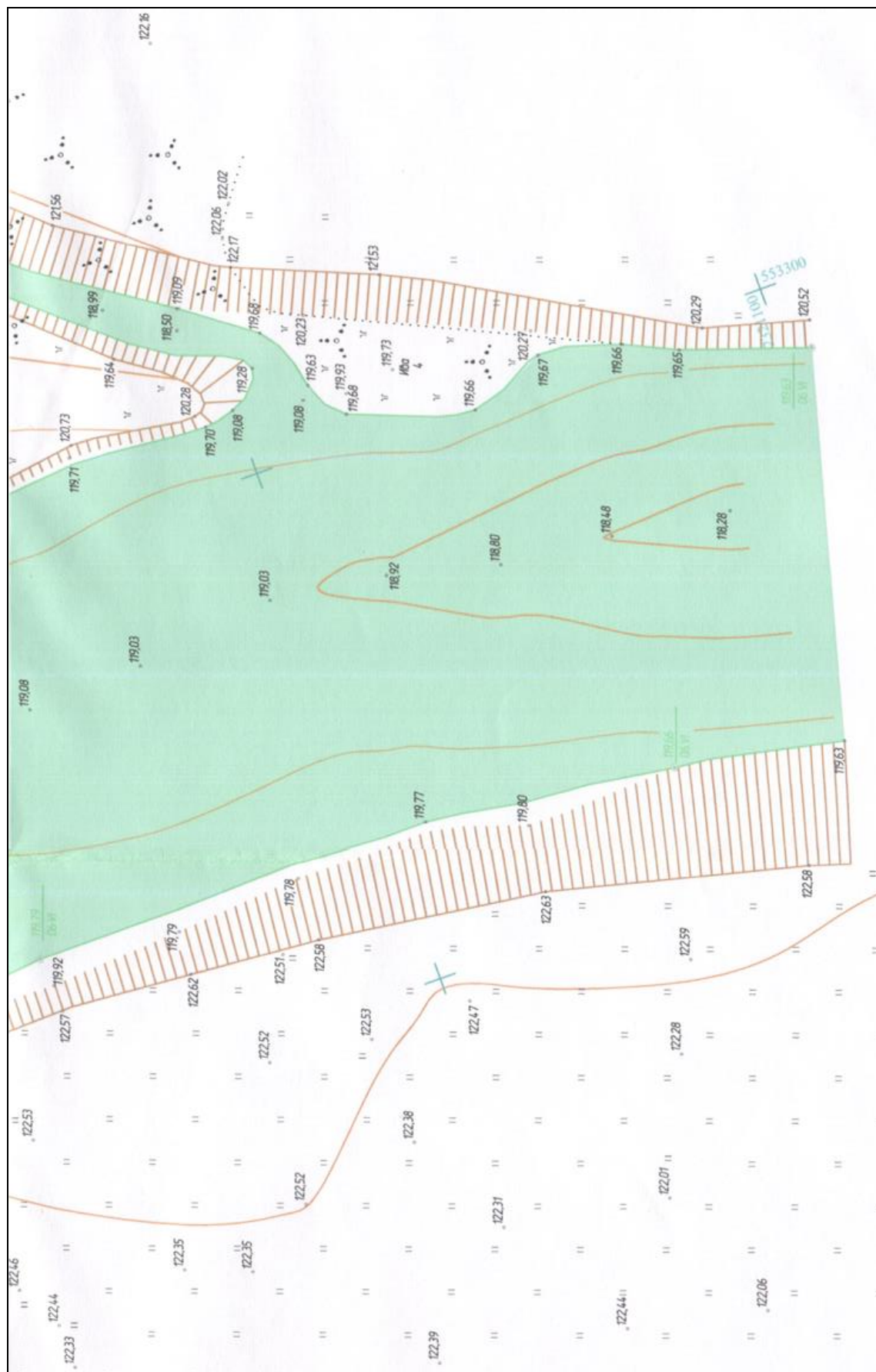


Рис. П 2.1. Фрагмент топографической карты М 1:1000 для проложения мостового перехода через р. Усьва (варианты 1-10)

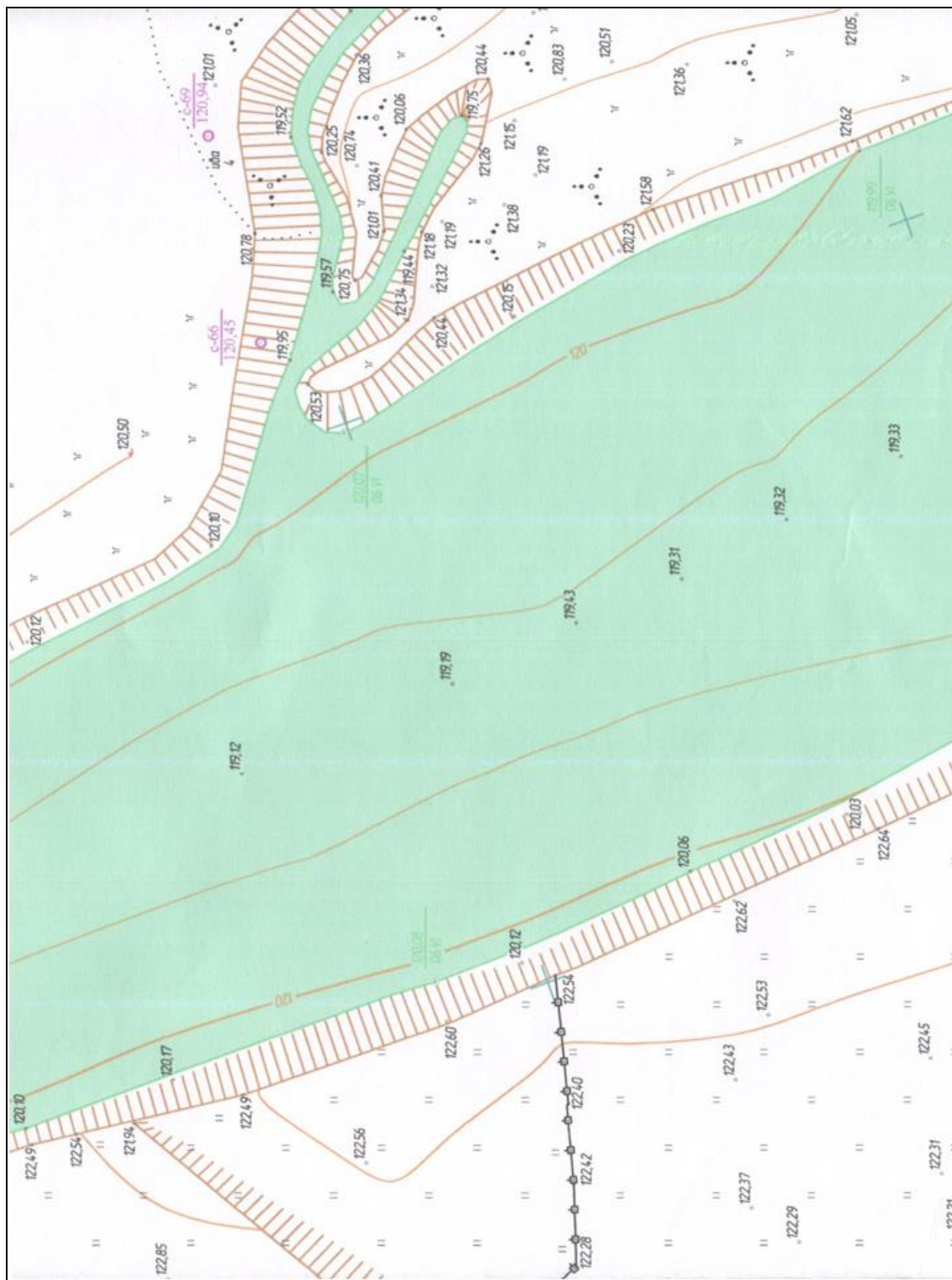


Рис. П 2.2. Фрагмент топографической карты М 1:1000 для продолжения мостового перехода через р. Усьва (варианты 11-20)

Приложение 3

Исходные данные для выполнения курсовой работы: материалы инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрологических изысканий

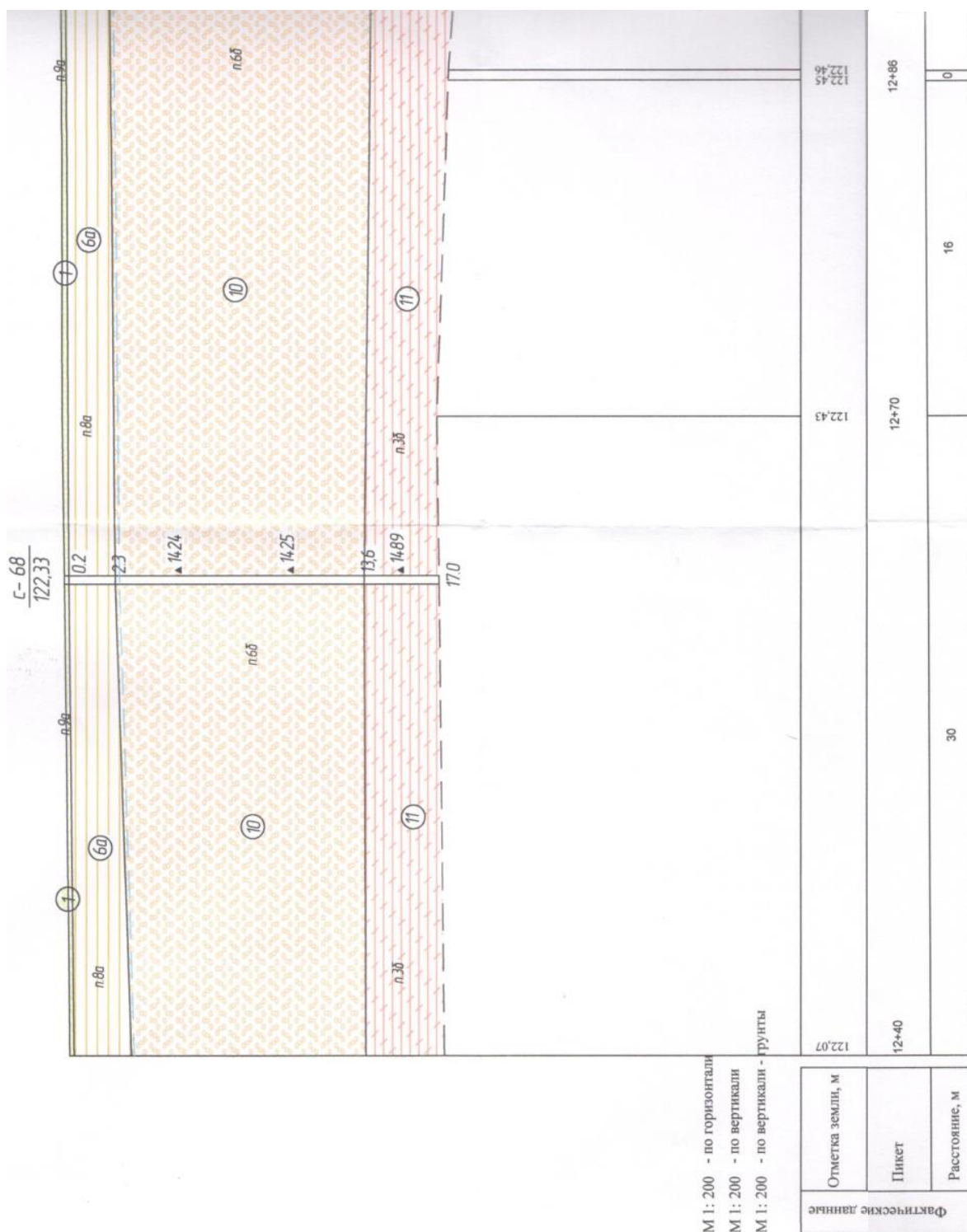


Рис. П 3.1 .Геолого-литологический разрез местности для проложения мостового перехода через р. Усьва (начало)

44

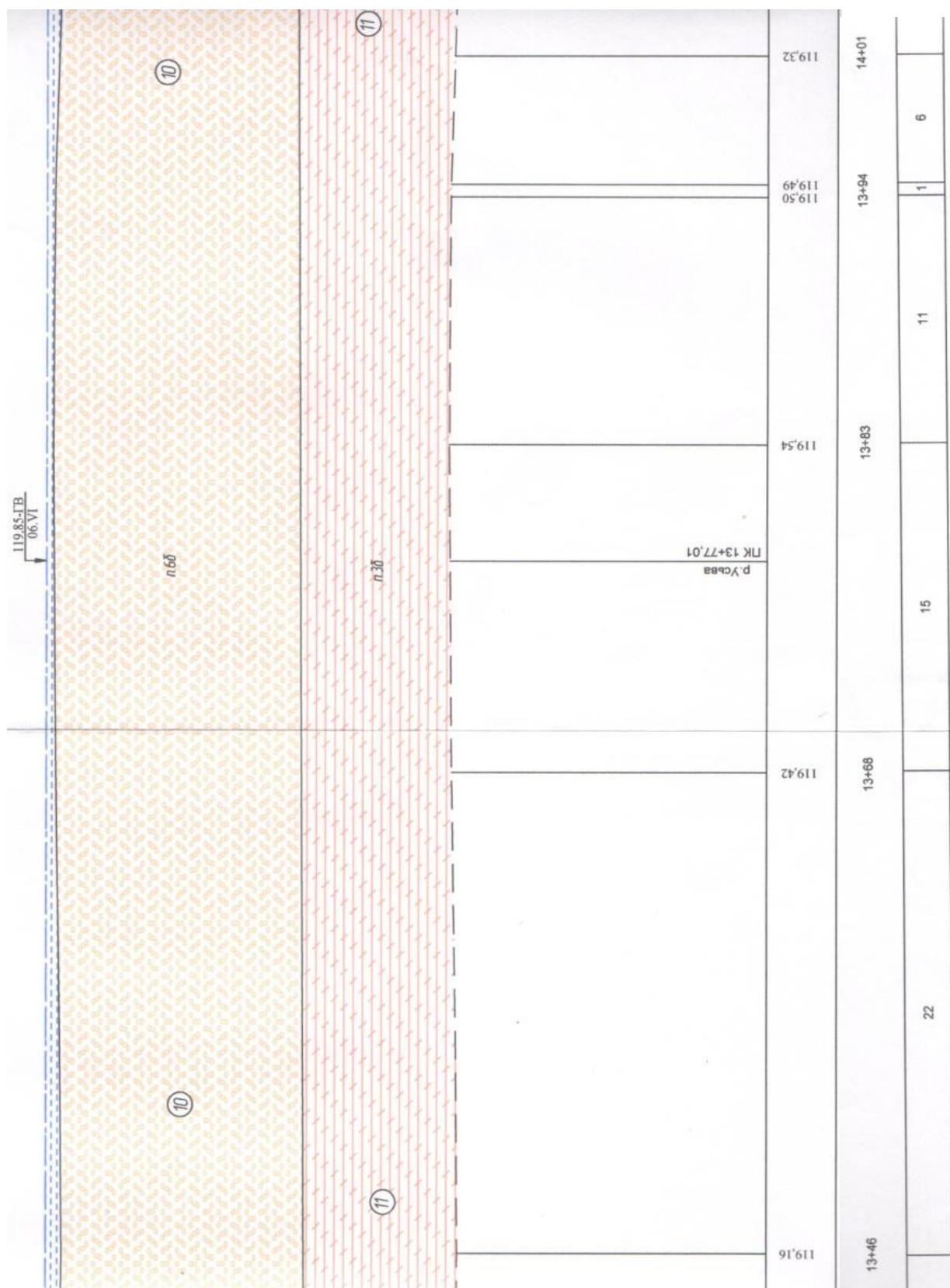


Рис. П 3.1. Геолого-литологический разрез местности для проложения мостового перехода через р. Усьва (продолжение)

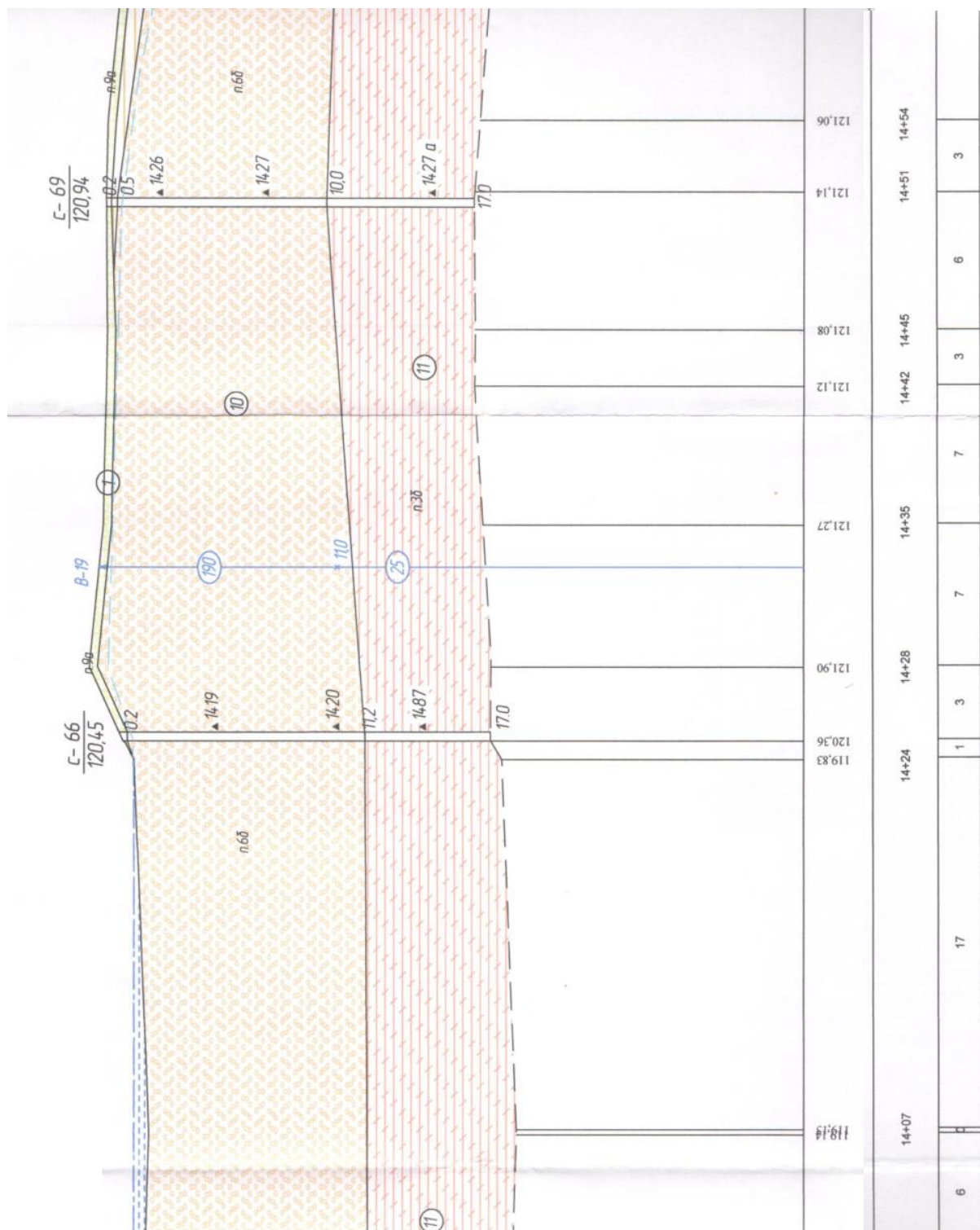
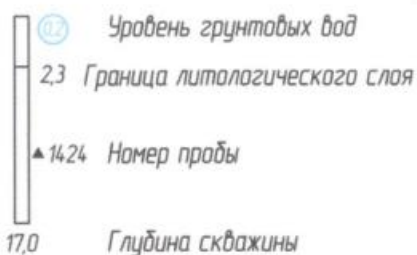


Рис. П 3.1. Геолого-литологический разрез местности для проложения мостового перехода через р. Усьва (окончание)

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

С-68 Скважина на разрезе и ее номер



$\frac{n.35b}{(n.33a)}$ Пункты по трудности разработки грунтов согласно ГЭСН-2001-01 (для буровзрывных работ)

② Номер инженерно - геологического элемента

Границы выделенных литологических слоев

--- Уровень грунтовых вод

СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВ

СЧЕТАСЕЙ	СУГЛИНКОВ, ГЛИН
твёрдая	твёрдые
	полутвёрдые
пластичная	тугопластичные
	мягкопластичные
текучая	текучепластичные
	текучие

Условные обозначения и инженерно - геологическая характеристика грунтов


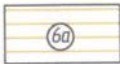


Условное обозначение грунта	Наименование грунта и его характеристика	Плотность, т/м3	Коэффициент пористости	Модуль деформации (нормативное) МПа	Удельное сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град	Условное расчетное сопротивление МПа	Строительная группа грунтов согласно ГЭСН-2001-01 (однородный экскаватор)		Строительная группа грунтов согласно ГЭСН-81-02-05-2001 свайные работы	
								номер	группа	номер	группа
	Почвенно – растительный слой	Не нормируется						n.9a	1	-	-
	Глина аллювиальная тугопластичной консистенции	1,85	0,85	15	0,043	16	0,25	n.8a	2	n.10a	2
	Гравийно-галечниковый грунт	2,13	0,49	37	0	40	0,60	n.6б	2	n.11a	5
	Переслаивание аргиллитов с песчанниками	2,35	0,73	25	0,051	20	$R_0 = \frac{6}{3}$	n.3б	5	n.4б	5

Рис. П 3.2. Условные обозначения для геолого-литологического разреза местности

Приложение 4

Примеры оформления чертежей инженерных изысканий мостовых переходов

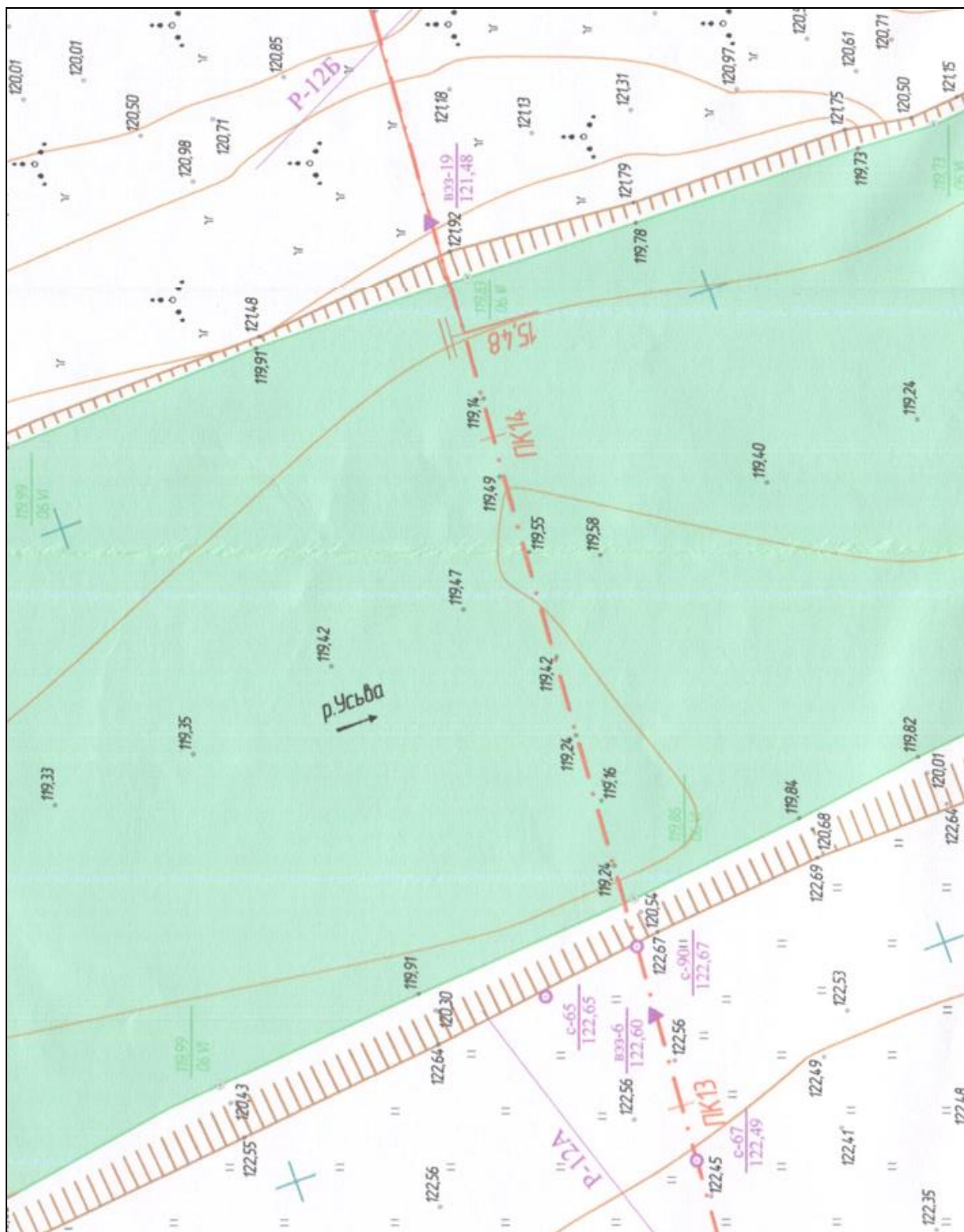


Рис. П 4.1. Фрагмент топографической карты с нанесенным участком трассы автомобильной дороги (ось мостового перехода)

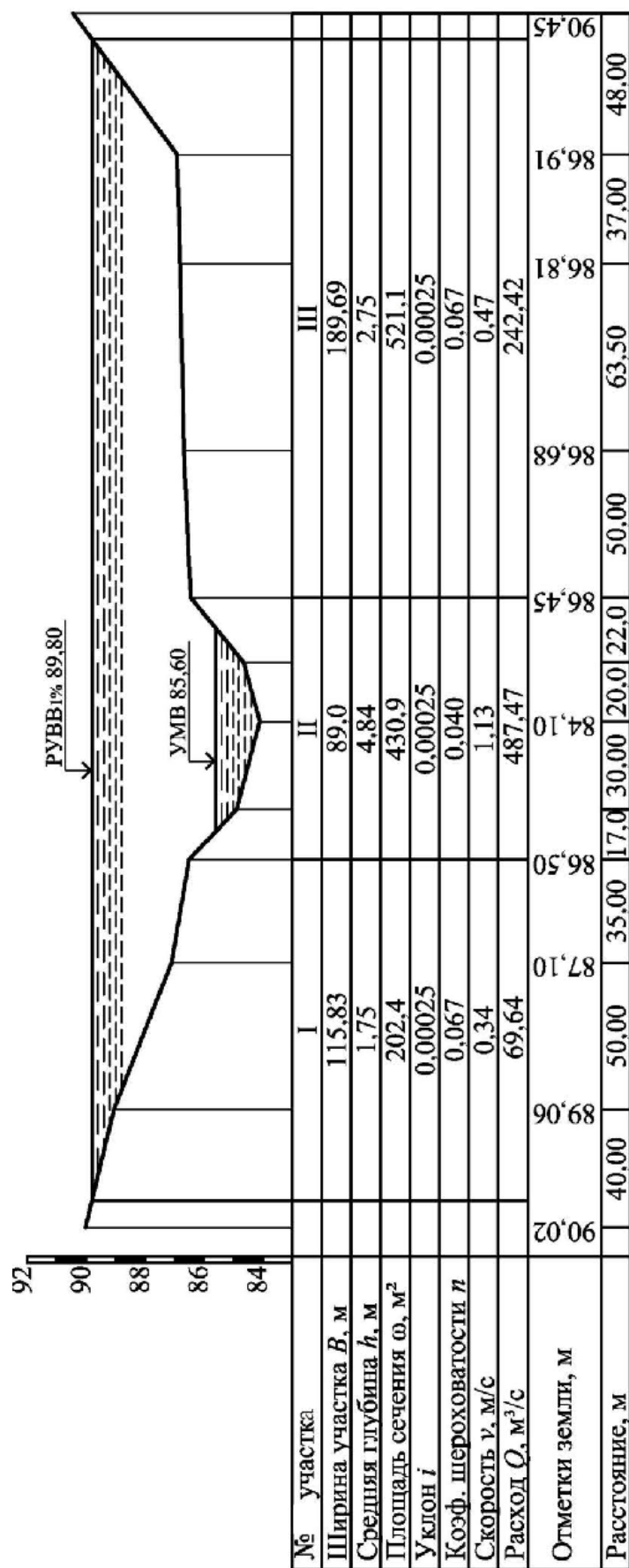


Рис. П 4.2. Профиль морфоствора по оси мостового перехода [20]

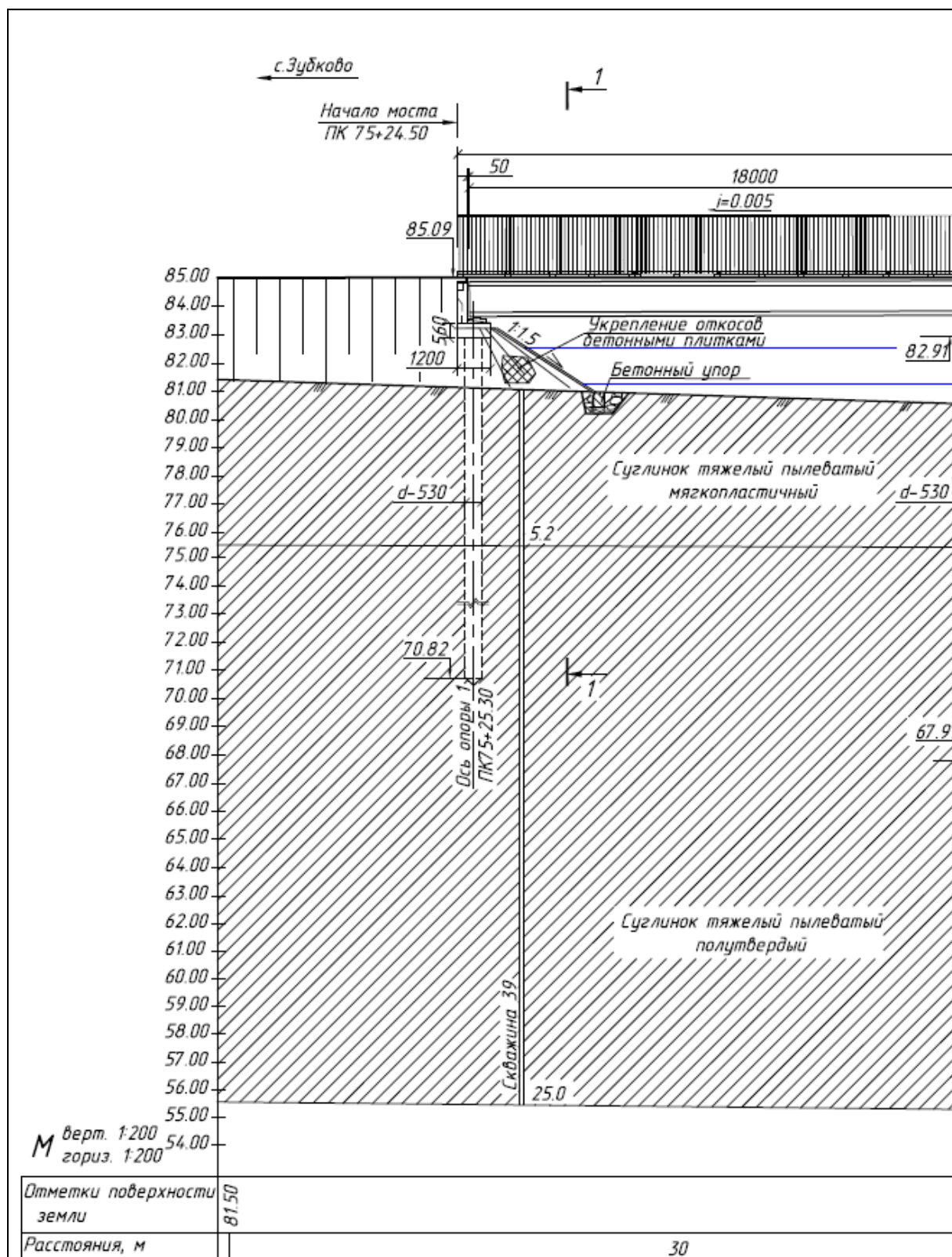


Рис. П 4.3. Общий вид моста (начало)

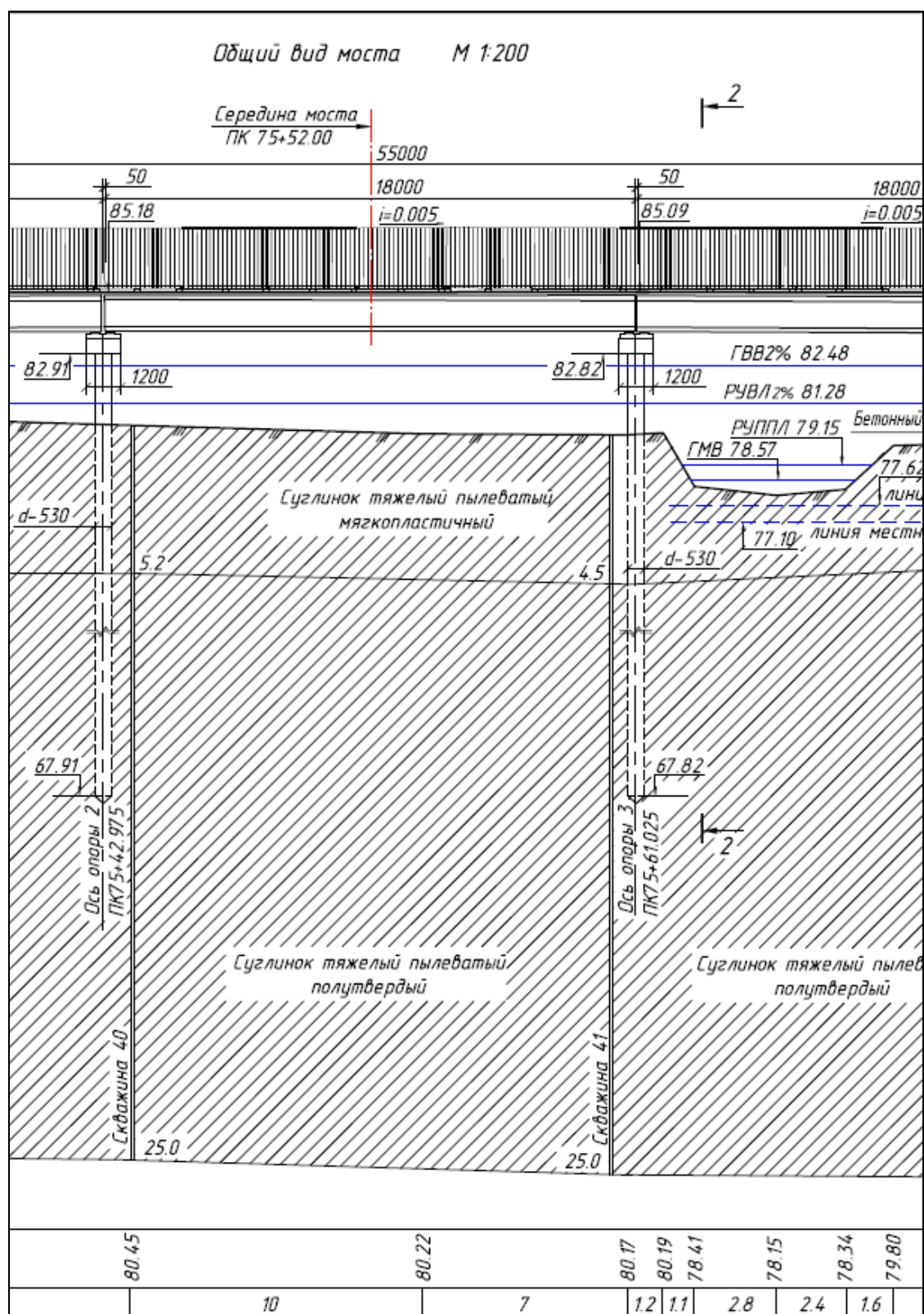


Рис. П 4.3. Общий вид моста (продолжение)

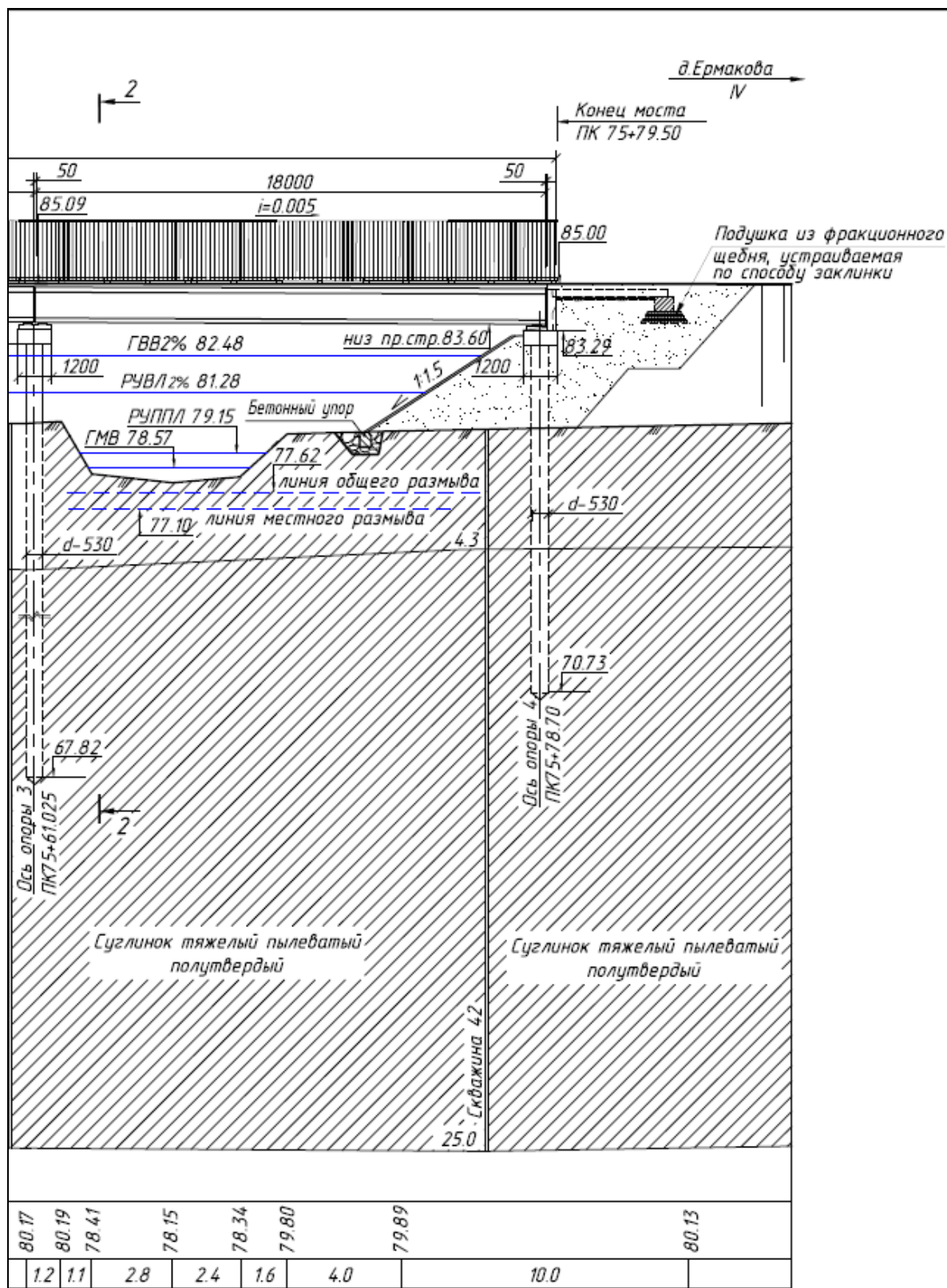


Рис. П 4.3. Общий вид моста (окончание)

Приложение 5

Шкала шероховатости речных русел и пойм¹¹

<i>n</i>	Равнинные реки	Полугорные и горные реки	Поймы
0,020	Прямолинейные русла канализированных рек в плотных грунтах с тонким слоем илистых отложений	—	—
0,025	Естественные земляные русла в благоприятных условиях, чистые, прямые, со спокойным течением	Искусственные отводы русел, высеченные в скале	Ровная чистая пойма с низкой травой без сельскохозяйственного использования
0,030	Гравийно-галечные русла в тех же условиях	Гравийно-галечные русла в благоприятных условиях (чистые, прямые); $J = 0,8 \dots 1,0 \text{ ‰}$	Ровная пойма под пашней без посевов и пастбищем с низкой травой
0,040	Сравнительно чистые русла постоянных водотоков с некоторыми неправильностями в направлениях струй, неровностями дна и берегов и влечением донных наносов	Земляные русла периодических водотоков (сухих логов) в благоприятных условиях. Правильные хорошо разработанные галечные русла в нижнем течении; $J = 0,8 \dots 1,0 \text{ ‰}$	Ровная пойма, занятая зрелыми полевыми культурами, пастбищем с высокой травой и вырубками без побегов, небольшое количество староречий и мелких просек
0,050	Значительно засоренные русла больших и средних рек, частично заросшие или каменистые, с беспокойным течением. Чистые русла периодических водотоков	Значительно засоренные каменистые русла с бурным течением. Периодические водотоки с крупногалечным покрытием ложа; $J = 7 \dots 15 \text{ ‰}$	Пойма, поросшая редким кустарником и деревьями (весной без листвы), изрезанная староречьями
0,065	Скалистые русла больших и средних рек. Русла периодических водотоков, засоренные и заросшие	Галечно-валунные русла с бурным течением. Засоренные периодические водотоки; $J = 15 \dots 20 \text{ ‰}$	Пойма под редким кустарником и деревьями с листвою или вырубками с развивающейся порослью
0,080	Речные русла, значительно заросшие, с промоинами и неровностями дна и берегов	Валунные русла в средней и верхней частях бассейна и периодические водотоки с бурным течением и взволнованной водной поверхностью; $J = 50 \dots 90 \text{ ‰}$	Поймы, покрытые кустарником средней и большой густоты (весной без листвы)
0,100	Русла рек, сильно заросшие, загроможденные стволами деревьев и валунами	Русла водопадного типа преимущественно в верховьях с крупновалунным ложем и бурным течением; $J = 90 \dots 200 \text{ ‰}$	Поймы, занятые лесом при уровне ниже ветвей и кустарником средней и большой густоты с листвою
0,140	Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода)	Русла с завалами из валунов и обломков скал и валунами; $J = 90 \dots 200 \text{ ‰}$	Поймы, покрытые лесом при затоплении ветвей и густым ивняком
0,200	—	Русла с завалами из валунов и обломков скал	Глухие, сплошь заросшие, труднопроходимые поймы таежного типа

¹¹ *Примечание.* Приведено согласно табл. Б.12 СП 33-101-2003; *n* – коэффициент шероховатости речных русел и пойм; *J* – уклон поверхности

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
1.1. Нормативные документы, определяющие положения и требования для изысканий и проектирования автодорожных мостовых сооружений	6
1.2. Выбор места расположения мостового перехода	8
1.3. Расчет и проектирование мостов на воздействие водного потока ...	10
1.4. Габариты подмостовых судоходных пролетов на внутренних водных путях	11
1.5. Определение размеров отверстий автодорожных мостов	13
1.6. Расчет общего размыва под мостом	16
1.7. Расчет местного размыва у опор моста	16
1.8. Расчет величины срезки грунта	17
1.9. Расчет возвышения бровки земляного полотна, насыпей на подходах к мостам над расчетным уровнем воды с учетом возможного подпора и набега волны на откосы	17
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	18
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	19
3.1. Нанесение на карту оси мостового перехода, построение профиля морфоствора	19
3.2. Определение уровня и отметки высоких вод	21
3.3. Морфометрические расчеты	22
3.4. Целесообразность устройства уширения подмостового русла	24
3.5. Назначение отверстия моста	26
3.6. Проверка общего размыва по коэффициенту общего размыва подмостового сечения	28
3.7. Определение общего размыва в русловой части моста	28
3.8. Определение общего размыва в пойменной части моста	29
3.9. Расчет местного размыва у промежуточных опор моста	30
3.10. Определение отметки низа пролетного строения моста	32
Библиографический список	32
ПРИЛОЖЕНИЯ	34
Приложение 1. Термины, их определения и сокращения	35
Приложение 2. Задание для выполнения курсовой работы	39
Приложение 3. Исходные данные для выполнения курсовой работы: материалы инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрологических изысканий	43
Приложение 4. Примеры оформления чертежей инженерных изысканий мостовых переходов	48
Приложение 5. Шкала шероховатости речных русел и пойм	53